

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 35 521 A 1

51 Int. Cl. 7:  
B 60 K 41/00  
B 60 K 41/02  
F 16 D 48/06

21 Aktenzeichen: 100 35 521.8  
22 Anmeldetag: 21. 7. 2000  
43 Offenlegungstag: 14. 2. 2002

DE 100 35 521 A 1

71 Anmelder:  
Mannesmann Sachs AG, 97424 Schweinfurt, DE

72 Erfinder:  
Tebbe, Gerhard, Dipl.-Ing., 97505 Geldersheim, DE

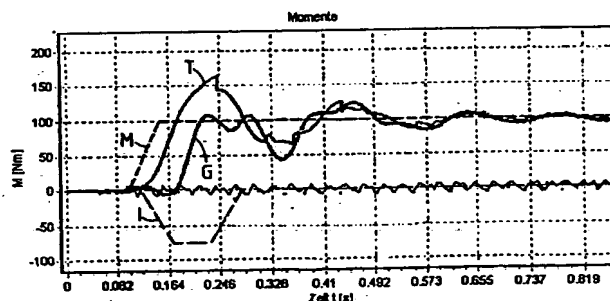
56 Entgegenhaltungen:  
DE 195 32 136 A1  
DE 36 16 768 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zur Reduzierung von Lastwechselschwingungen im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs

57 Im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs werden Lastwechselschwingungen reduziert, indem eine Änderung eines Nutzmoments (M) im Antriebsstrang erfaßt und die Periodendauer einer Lastwechselschwingung bestimmt wird, wobei bei Beginn der Nutzmomentänderung mindestens ein zusätzlicher Momentenimpuls (I) aufgebracht wird, der eine zur Lastwechselschwingung gegenphasige Schwingung verursacht und eine halbe Periodendauer der Lastwechselschwingung andauert.



DE 100 35 521 A 1

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduzierung von Lastwechselschwingungen im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 und eine Vorrichtung zur Reduzierung von Lastwechselschwingungen im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 16.

[0002] In Antriebssträngen von Fahrzeugen treten bei verschiedenen Fahrzuständen wechselnde Übertragungsmomente auf. Eine Änderung des Fahrzustands des Fahrzeugs bzw. Kraftfahrzeugs, beispielsweise eine Beschleunigung, erfordert eine Änderung des vom Fahrzeugmotor erzeugten Antriebsdrehmoments. Da der Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs verschiedene Massen und Elastizitäten umfaßt, wird durch diese Momentenänderung bzw. durch diesen Lastwechsel der Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs zu Lastwechselschwingungen angeregt. Die Lastwechselschwingungen werden durch Resonanz verursacht, insbesondere bei der niedrigsten Eigenfrequenz des Gesamtsystems. Dies ist bei eingerückter Kupplung der gesamte Antriebsstrang vom Fahrzeugmotor bis zu den Antriebsrädern.

[0003] Die Lastwechselschwingungen treten typischerweise bei Fahrzuständen auf, bei denen der Wechsel des Übertragungs- bzw. Antriebsmoment innerhalb einer sehr kurzen Zeit erfolgt. Typische Fahrzustände hierfür sind z. B. der Lastwechsel bei geschlossener Kupplung, ein Momentensprung nach Eintreten der Synchronisation beim Anfahren oder Schalten, oder auch die erste Zündung beim Motorstart mit einem Zwei-Massen-Schwungrad (ZMS).

[0004] Im Stand der Technik wurden bisher verschiedene Lösungen in Betracht gezogen, um die Lastwechselschwingungen zu vermeiden oder zu reduzieren.

[0005] Bei einer bekannten Lösung erfolgt ein besonders langsamer Momentenwechsel. Dabei wird die pro Zeiteinheit auf den Antriebsstrang wirkende Momentenänderung unter einem vorbestimmten Wert gehalten, so daß auch die Amplitude der aus dieser Momentenänderung resultierenden Schwingung klein bleibt und die im Antriebsstrang vorhandenen Dämpfungsglieder diese Schwingungen in ausreichendem Maße dämpfen können. Diese Lösung hat jedoch den Nachteil, daß das Fahrzeug zu träge reagiert und einen erheblichen Dynamikverlust erleidet.

[0006] In der DE 195 36 320 C2 wird daher ein stufenweiser Momentenwechsel vorgeschlagen. Dabei wird eine gewünschte Momentenänderung erfaßt und ein Stellglied zur Änderung des Nutzmoments so angesteuert, daß die Momentenänderung in mehreren Stufen erfolgt. Die zweite Stufe setzt zeitverzögert gegenüber der ersten Stufe ein, so daß sich die verschiedenen Schwingungen, die durch die stufenweisen Momentenwechsel erzeugt werden, aufgrund destruktiver Interferenz gegenseitig auslöschen. Bei diesem bekannten Verfahren besteht jedoch das Problem, daß die stufenweisen Momentenwechsel zumeist nicht sehr genau steuerbar sind. Ähnliches gilt auch für Kupplungsaktuatoren, bei denen der Übertragungsmomentverlauf gesteuert wird. Derartige Systeme sind darüber hinaus meist nicht verfügbar bzw. nur mit einem besonders hohen konstruktiven Aufwand zu realisieren.

[0007] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit dem bzw. mit der Lastwechselschwingungen in Antriebssträngen wirksam vermieden bzw. reduziert werden können.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren gemäß Patentanspruch 1, die Vorrichtung gemäß Patentanspruch 16, das Steuerungsprogramm gemäß Patentanspruch 20, sowie die Steuerungsvorrichtung gemäß Patentanspruch

22. Weitere vorteilhafte Merkmale, Aspekte und Details der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Vorteile und Merkmale, die im Zusammenhang mit dem Verfahren beschrieben werden, gelten ebenso für die Vorrichtung, und umgekehrt.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Reduzierung von Lastwechselschwingungen im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs umfaßt die Schritte: Erfassen einer Änderung eines Nutzmoments im Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs und Bestimmen der Periodendauer einer Lastwechselschwingung, die durch Änderung des Nutzmoments verursacht wird, wobei bei Beginn der Nutzmomentänderung mindestens ein zusätzlicher Momentenimpuls aufgebracht wird, der eine zur Lastwechselschwingung gegenphasige Schwingung verursacht, und wobei insbesondere die Dauer des Momentenimpulses im wesentlichen die halbe Periodendauer der Lastwechselschwingung beträgt. Dadurch werden Lastwechselschwingungen wirksam reduziert, ohne daß ein Dynamikverlust im Fahrzeug auftritt. Das Nutzmoment kann z. B. ein Antriebsmoment sein, das durch ein Antriebsagregat, wie beispielsweise eine Brennkraftmaschine oder ein Elektromotor, erzeugt wird. Das Nutzmoment kann aber auch ein Übertragungsmoment sein, das beispielsweise durch eine im Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs angeordnete Kupplung erzeugt wird.

[0010] Vorzugsweise liegt die Höhe des Momentenimpulses im Bereich der halben Höhe des Nutzmoments. In diesem Fall ist das Verfahren optimal ausgelegt, um eine besonders wirksame Reduzierung der Lastwechselschwingungen zu ermöglichen.

[0011] Bevorzugt wird der zusätzliche Momentenimpuls durch eine Logikeinrichtung bei beginnendem Lastwechsel ausgelöst.

[0012] Der zusätzliche Momentenimpuls kann beispielsweise durch einen Motor, insbesondere einen schnell ansteuerbaren Elektromotor, aufgebracht werden. Solche Elektromotoren können beispielsweise in Form eines Starter-Generators im Antriebsstrang des Fahrzeugs vorgesehen sein. Es ist aber auch möglich, den zusätzlichen Momentenimpuls durch einen Anlasser des Kraftfahrzeugs aufzubringen. Dadurch werden zusätzliche Bauteile, Kosten und Gewicht eingespart.

[0013] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung wird der zusätzliche Momentenimpuls am Motorgehäuse oder an einer sich schneller drehenden Masse z. B. über eine Brems-einrichtung abgestützt. In der sich schnell drehenden Masse kann z. B. Bremsenergie gespeichert sein.

[0014] Vorteilhafterweise werden zur Steuerung des Momentenimpulses Momenteninformationen aus der Motorelektronik verwendet. Die Steuerung des Momentenimpulses kann z. B. auch aus einer Drehzahländerung abgeleitet werden.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird der Momentenimpuls am Motor des Kraftfahrzeugs aufgebracht. Bei einem Motor mit Zwei-Massen-Schwungrad kann der Momentenimpuls auf ein Primärteil oder auf ein Sekundärteil des Motors aufgebracht werden. Bei der Aufbringung auf den Primärteil ist die Auswirkung des Momentenimpulses besonders effektiv, d. h., gegebenenfalls noch verbleibende Schwingungen sind geringer, da der Impuls näher an dem den Lastwechsel auslösendem Moment bzw. dem mittleren Motormoment wirkt.

[0016] Vorteilhafterweise wird nach einem ersten Momentenimpuls, z. B. mit einem negativen Wert, ein weiterer Momentenimpuls, z. B. mit einem positiven Wert, aufgebracht. Dadurch wird der Lastwechselverlauf noch weiter verbessert.

[0017] Bevorzugt setzt beim Anfahren oder Gangwechsel der Momentenimpuls zum Synchronisationszeitpunkt ein.

[0018] Bevorzugt setzt der Momentenimpuls beim ersten Anstieg des Nutzmoments bzw. Motormoments gegenläufig zu diesem ein, insbesondere beim Start eines Motors mit Zwei-Massen-Schwungrad. Auch kann nach einem ersten zusätzlichen Momentenimpuls ein zweiter zusätzlicher Momentenimpuls aufgebracht werden, wobei der zweite Momentenimpuls beispielsweise eine Periodendauer der Lastwechselschwingung später einsetzt als der erste Momentenimpuls. Auch können 3 Momentenimpulse nacheinander aufgebracht werden, wobei der mittlere Momentenimpuls zu den anderen Momentenimpulsen entgegengesetzt ist. Dadurch wird die Wirksamkeit der Schwingungsreduktion noch weiter erhöht.

[0019] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Reduzierung von Lastwechselschwingungen im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs umfaßt Mittel zum Erfassen einer Nutzmomentänderung im Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs, und Mittel zur Bestimmung der Periodendauer einer Lastwechselschwingung, die durch Änderung des Nutzmoments verursacht wird, sowie weiterhin eine Einrichtung zur Erzeugung eines Momentenimpulses, die an den Antriebsstrang gekoppelt ist, und eine Logikeinrichtung zur Auslösung des Momentenimpulses bei beginnendem Lastwechsel, die den Momentenimpuls so steuert, daß er z. B. die halbe Periodendauer der Lastwechselschwingung andauert und eine zur Lastwechselschwingung gegenphasige Schwingung verursacht. Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung werden Lastwechselschwingungen besonders wirksam reduziert, da insbesondere eine genaue Steuerung erfolgen kann.

[0020] Beispielsweise ist die Einrichtung zur Momentenimpulserzeugung ein Elektromotor, der z. B. an eine Brennkraftmaschine gekoppelt ist.

[0021] Vorteilhafterweise ist die Einrichtung zur Momentenimpulserzeugung an ein Primärteil und/oder an ein Sekundärteil eines Motors mit einem Zweimassenschwungrad gekoppelt.

[0022] Bevorzugt ist die Logikeinrichtung so ausgestaltet, daß sie zur Steuerung des oben beschriebenen Verfahrens ausgestaltet ist.

[0023] Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung wird ein Steuerungsprogramm zur Reduzierung von Lastwechselschwingungen im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges geschaffen, das z. B. auf einem Datenträger abgelegt oder z. B. in einem Netzwerk verfügbar ist und in eine Steuereinrichtung ladbar ist, mit den Programmschritten: Erfassen eines Nutzmomentsignals im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges, Bestimmen der Periodendauer einer Lastwechselschwingung, die durch Änderung des Nutzmoments verursacht wird, und Erzeugen eines Steuersignals zur Erzeugung eines Momentenimpulses, dessen Dauer im wesentlichen die halbe Periodendauer der Lastwechselschwingung beträgt, und der eine zur Lastwechselschwingung entgegengesetzte Schwingung verursacht. Die Erfindung kann auch in einem Computerprogrammprodukt, wie z. B. einem Datenträger, verkörpert sein.

[0024] Vorteilhafterweise umfaßt das Steuerungsprogramm Programmschritte, die zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens geeignet bzw. ausgestaltet sind.

[0025] Gemäß einem noch weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Steuerungsvorrichtung geschaffen, die ein erfindungsgemäßes Steuerungsprogramm bzw. Programmcode-Mittel zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfaßt.

[0026] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand der Figuren beschrieben. Es zeigen:

[0027] Fig. 1 Ein Blockschaltbild eines Antriebsstrangs bei geschlossener Kupplung mit einem Motor ohne Zweimassenschwungrad;

[0028] Fig. 2a und 2b ein Blockschaltbild eines Antriebsstrangs bei geschlossener Kupplung mit einem Motor mit Zweimassenschwungrad und einem an das Sekundärteil (Fig. 2a) bzw. Primärteil (Fig. 2b) gekoppelten Elektromotor;

[0029] Fig. 3a und 3b Zeitdiagramme zur Erläuterung des Verhaltens der Drehzahlen und Momente im Fahrzustand Lastwechsel bei einem Motor ohne Zweimassenschwungrad für den Fall, daß das erfindungsgemäße Verfahren nicht eingesetzt wird;

[0030] Fig. 4a und 4b Diagramme ähnlich Fig. 3a und 3b für den Fall, daß das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird;

[0031] Fig. 5a und 5b Zeitdiagramme zur Erläuterung des Verhaltens der Drehzahlen und Momente im Fahrzustand Lastwechsel bei einem Motor mit Zweimassenschwungrad und einem an das Sekundärteil gekoppelten Elektromotor, für den Fall, daß das erfindungsgemäße Verfahren nicht eingesetzt wird;

[0032] Fig. 6a und Fig. 6b Diagramme ähnlich Fig. 5a und 5b für den Fall, daß das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird;

[0033] Fig. 7a und 7b Diagramme ähnlich Fig. 6a und 6b, wobei 2 Momentenimpulse aufgebracht werden;

[0034] Fig. 8a und 8b Diagramme ähnlich Fig. 6a und 6b, jedoch bei einem an das Primärteil gekoppelten Elektromotor;

[0035] Fig. 9 ein Blockschaltbild eines Antriebsstrangs für den Fahrzustand Anfahren oder Schalten für einen Motor ohne Zweimassenschwungrad;

[0036] Fig. 10a und 10b Blockschaltbilder ähnlich Fig. 9, jedoch für einen Motor mit Zweimassenschwungrad und einem an das Sekundärteil gekoppelten (Fig. 10a) bzw. an das Primärteil gekoppelten (Fig. 10b) Elektromotor;

[0037] Fig. 11a und 11b Zeitdiagramme zur Erläuterung des Verhaltens der Drehzahlen und Momente für den Fahrzustand Anfahren oder Schalten bei einem Motor ohne Zweimassenschwungrad, wobei das erfindungsgemäße Verfahren nicht eingesetzt wird;

[0038] Fig. 12a und 12b Diagramme ähnlich Fig. 11a und 11b, wobei das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird;

[0039] Fig. 13a und 13b Zeitdiagramme zur Erläuterung des Verhaltens der Drehzahlen und Momente für den Fahrzustand Anfahren oder Schalten bei einem Motor mit Zweimassenschwungrad und einem an das Sekundärteil gekoppelten Elektromotor, wobei das erfindungsgemäße Verfahren nicht eingesetzt wird;

[0040] Fig. 14a und 14b Diagramme ähnlich Fig. 13a und 13b, jedoch bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

[0041] Fig. 15a und 15b Diagramme ähnlich Fig. 14a und 14b, wobei der Elektromotor an das Primärteil gekoppelt ist;

[0042] Fig. 16a und 16b jeweils ein Blockschaltbild eines Antriebsstrangs für den Zustand Motorstart bei einem Motor mit Zweimassenschwungrad und einem an das Primärteil gekoppelten Elektromotor (Fig. 16a) bzw. an das Sekundärteil gekoppelten Elektromotor (Fig. 16b);

[0043] Fig. 17a und 17b Zeitdiagramme zur Erläuterung zur Erläuterung des Verhaltens der Drehzahlen und Momente für den Zustand Motorstart bei einem Motor mit Zweimassenschwungrad und einem an das Primärteil gekoppelten Elektromotor, für den Fall, daß das erfindungsgemäße Verfahren nicht eingesetzt wird;

[0044] Fig. 18a und 18b Diagramme ähnlich Fig. 17a und

17b, jedoch bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

[0045] Fig. 19a und 19b Diagramme ähnlich Fig. 18a und 18b, wobei zwei Momentenimpulse aufgebracht werden;

[0046] Fig. 20a und 20b Diagramme ähnlich Fig. 19a und 19b, wobei 3 Momentenimpulse aufgebracht werden;

[0047] Fig. 21a und 21b Diagramme ähnlich Fig. 20a und 20b, wobei der Elektromotor an das Sekundärteil gekoppelt ist und 2 Momentenimpulse aufgebracht werden.

[0048] Gleiche Bezugszeichen in den unterschiedlichen Figuren beziehen sich auf wesensgleiche bzw. funktionsgleiche Elemente oder Werte.

[0049] Die Erfindung wird nachfolgend zunächst anhand des Fahrzustands Lastwechsel beschrieben, wobei auf die Fig. 1 bis 8b Bezug genommen wird.

[0050] Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung ein Blockschaltbild eines Antriebsstrangs für den Fahrzustand Lastwechsel, d. h. bei geschlossener Kupplung. Ein Motor 1 bzw. eine Brennkraftmaschine ist an ein Getriebe 2 gekoppelt, welches wiederum an Räder 3 eines Fahrzeugs 4 gekoppelt ist, um dieses anzutreiben. Zwischen dem Motor 1 und dem Getriebe 2 ist ein Torsionsdämpfer 5 geschaltet, wie er allgemein bekannt ist. Ein Elektromotor 6 dient dazu, einen zusätzlichen Momentenimpuls von außen aufzubringen. Der Elektromotor 6 ist an den Motor 1 gekoppelt.

[0051] Fig. 2a zeigt eine andere Ausführungsform der Erfindung für den Fahrzustand Lastwechsel, jedoch bei einem Motor mit einem Zweimassenschwungrad. Es ist ein Primärteil 7a und ein Sekundärteil 7b vorhanden. Das Getriebe 2, die Räder 3, und das Fahrzeug 4 sind in dem Blockschaltbild wie in Fig. 1 ausgeführt. In dem hier dargestellten Antriebsstrang ist der Elektromotor 6 an das Sekundärteil 7b gekoppelt, um den Momentenimpuls aufzubringen.

[0052] Fig. 2b zeigt als weitere Ausführungsform der Erfindung einen Antriebsstrang mit einem Motor mit Zweimassenschwungrad, der ähnlich wie der in Fig. 2a gezeigte ausgeführt ist, wobei der Elektromotor 6 an das Primärteil 7a gekoppelt ist.

[0053] Die Fig. 3a und 3b zeigen nun die Drehzahlen und Momente beim Lastwechsel bei einem Antriebsstrang mit einem Motor ohne Zweimassenschwungrad (siehe Fig. 1). In dem hier gezeigten Fall wird kein zusätzlicher Momentenimpuls aufgebracht. Das mittlere Motormoment  $M$  steigt innerhalb von 0,2 s auf 100 Nm. Dadurch wird eine Lastwechselschwingung ausgelöst, die sich am Kupplungsmoment  $K$  und an der Motordrehzahl  $N$  zeigt.

[0054] In den Fig. 4a und 4b ist nun für den gleichen Lastwechsel das Verhalten der Drehzahlen und Momente gezeigt, jedoch bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Dabei wird gleichzeitig mit der Änderung des Motormoments  $M$  ein zusätzlicher Momentenimpuls  $I$  durch den Elektromotor 6 aufgebracht (Fig. 1). Der zusätzliche Momentenimpuls hat einen Wert von -50 Nm, d. h. er ist halb so groß wie das aufgebrachte mittlere Motormoment  $M$  und entgegengesetzt zu diesem gerichtet. Der zusätzliche Momentenimpuls  $I$  hat eine Dauer, die der halben Periodendauer der Lastwechselschwingung entspricht. Für die Steuerung des Impulses werden z. B. Momenteninformationen aus der Motorelektronik verwendet. Alternativ kann die Steuerung des Impulses auch aus der Drehzahländerung abgeleitet werden. Die Periodendauer der Lastwechselschwingung kann z. B. aus Fahrzeugzustandsdaten ermittelt werden. Dies ist z. B. in der eingangs genannten DE 195 36 320 C2 beschrieben, auf die ausdrücklich Bezug genommen und deren Inhalt insoweit in die Beschreibung mit einbezogen wird.

[0055] Als Ergebnis des zusätzlich aufgebrachten Momentenimpulses steigt das Kupplungsmoment  $K$  stetig bis

auf seinen Maximalwert an und die Motordrehzahl  $N$  beinhaltet ebenfalls keine Schwingungen mehr.

[0056] Die Fig. 5a und 5b zeigen die Drehzahlen und Momente für einen Motor mit Zweimassenschwungrad im Fahrzustand Lastwechsel (Fig. 2a), jedoch ohne zusätzlichen Momentenimpuls. Das mittlere Motormoment  $M$  ist gestrichelt dargestellt und steigt innerhalb von kurzer Zeit auf 100 Nm an. Dadurch erfahren das Moment  $T$  im Torsionsdämpfer des Zweimassenschwungrads und das Moment  $G$  in der Getriebeeingangswelle Lastwechselschwingungen. Das dynamische Motormoment  $D$ , das mit der Zündfrequenz erregt wird, ist im Diagramm sehr klein gehalten, da es den Lastwechsel nicht beeinflusst und ansonsten die Diagramme unübersichtlich machen würde. Vom Elektromotor 6 gemäß Fig. 2a, der an das Sekundärteil des Zweimassenschwungrads gekoppelt ist, wird in dem hier dargestellten Zustand kein zusätzlicher Momentenimpuls übertragen. Bei den Drehzahlen zeigen sich sowohl bei der Primärdrehzahl  $P$ , als auch bei der Sekundärdrehzahl  $S$  und der fiktiven mittleren Motordrehzahl  $n$  für das dynamische Motormoment erhebliche Lastwechselschwingungen.

[0057] In den Fig. 6a und 6b ist nun dargestellt, wie die Lastwechselschwingungen bei dem Motor mit Zweimassenschwungrad und an das Sekundärteil 7b gekoppelten Elektromotor gemäß Fig. 2a durch Aufbringen eines Momentenimpulses reduziert werden. Mit dem Beginn des Lastwechsels bzw. der Änderung des mittleren Motormoments  $M$  wird der zusätzliche Momentenimpuls  $I$  aufgebracht, der negativ bzw. entgegengesetzt zum mittleren Motormoment  $M$  gerichtet ist und dessen Dauer im wesentlichen halb so groß ist wie Periodendauer der Lastwechselschwingung. Es zeigt sich, daß durch den zusätzlichen Momentenimpuls  $I$  die Lastwechselschwingungen, die sich in den Drehzahlen und Momenten zeigen, stark reduziert sind.

[0058] In den Fig. 7a und 7b, ist gezeigt, wie durch einen zweiten Impuls mit positiven Moment der Lastwechselverlauf noch weiter verbessert wird. Hier ist ebenfalls die Situation für einen Lastwechselvorgang für einen Motor mit Zweimassenschwungrad dargestellt, wobei der Elektromotor 6 an das Sekundärteil 7b gekoppelt ist (Fig. 2a). Gleichzeitig mit Beginn des Anstiegs des mittleren Motormoments  $M$  wird ein entgegengesetzt zu diesem gerichteter Momentenimpuls  $I_1$  durch den Elektromotor 6 (Fig. 2a) aufgebracht. Im Anschluß an den ersten Momentenimpuls  $I_1$  wird ein zweiter, positiver Momentenimpuls  $I_2$  aufgebracht. Dadurch werden die oben diskutierten Schwingungen in den Drehzahlen und Momenten noch weiter reduziert.

[0059] Die Fig. 8a und 8b zeigen den Verlauf der Drehzahlen und Momente beim Lastwechsel für einen Motor mit Zweimassenschwungrad, wobei der Elektromotor 6 nun an das Primärteil 7a gekoppelt ist (Fig. 2b). Die Höhe des Momentenimpulses  $I$  ist geringer als bei Fig. 6b und 7b, bei denen der Momentenimpuls  $I$  auf das Sekundärteil aufgebracht wurde. Da der Impuls  $I$  gemäß Fig. 8b am Primärteil 7a aufgebracht wird, wirkt er näher an dem lastwechselauslösenden Moment bzw. mittleren Motormoment  $M$ . Dadurch sind die verbleibenden Schwingungen in den Drehzahlen und Momenten geringer als bei der Aufbringung über das Sekundärteil 7b. D. h., die Auswirkung des Momentenimpulses  $I$  ist gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung noch effektiver.

[0060] Nachfolgend wird der Fahrzustand Anfahren bzw. Gangwechsel beschrieben. Dabei wird auf die Fig. 9 bis 15b Bezug genommen.

[0061] Fig. 9 zeigt als Blockschaltbild einen Antriebsstrang mit einem Motor ohne Zweimassenschwungrad im Fahrzustand Anfahren bzw. Gangwechsel. Zwischen dem Motor 1 und dem Getriebe 2 befindet sich eine Kupplungs-

scheibe 8 und es wirkt ein Kupplungs-Übertragungsmoment 9. Der Torsionsdämpfer 5 wirkt zwischen der Scheibe 8 und dem Getriebe 2. An den Motor 1 ist ein Elektromotor 6 gekoppelt.

[0062] Die Fig. 11a und 11b zeigen hierfür die Drehzahlen und Drehmomente beim Anfahrvorgang. Das Drehzahlverhältnis zwischen der Drehzahl  $N_{GE}$  am Getriebeeingang und der Drehzahl  $N_{GA}$  am Getriebeausgang in der Fig. 11a entspricht der Übersetzung im ersten Gang. Im Diagramm gemäß Fig. 11b sind das Motormoment  $M$ , das Kupplungsmoment  $K$  sowie das Moment im Getriebe  $Syn$  bzw. in der Synchroneinrichtung dargestellt. Im Schlupfbereich nach ca. einer Sekunde ist das Kupplungsmoment  $K$  höher als das Motormoment  $M$ , was zu einer Motordrückung führt. Die Motordrückung vor der Synchronisation erhöht den Momentensprung beim mittleren Kupplungsmoment  $K$  nach der Synchronisation. Der Momentensprung führt zu den im Drehzahl- und Momentenverlauf sichtbaren Lastwechselschwingungen.

[0063] In den Fig. 12a und 12b ist nun gezeigt, wie durch das erfindungsgemäße Aufbringen eines Momentenimpulses die Lastwechselschwingungen reduziert werden. Dabei wird ein einzelner Impuls  $I$  mit halber Lastwechselschwingungsdauer durch den Elektromotor 6 (Fig. 9) aufgebracht. Der Impuls  $I$  setzt zum Synchronisationszeitpunkt ein und unterdrückt dadurch die Lastwechselschwingungen. Da der Impuls  $I$  am Verbrennungsmotor bzw. Motor 1 angreift wird er an die Kupplung nur reduziert weitergegeben. Um diese Reduktion auszugleichen, wird der Impuls  $I$  erhöht, so daß der an der Kupplung wirksame Impuls dem halben Momentensprung an der Kupplung entspricht. Als Ergebnis sind die Lastwechselschwingungen in den Drehzahlen und Momenten deutlich reduziert.

[0064] Die Fig. 13a und 13b zeigen die Drehzahlen und Momente bei einem Anfahrvorgang in einem Antriebsstrang mit Zweimassenschwungrad, wobei der Elektromotor 6 an das Sekundärteil 7b gekoppelt ist. Ein entsprechendes Blockschaltbild des Antriebsstrangs ist in Fig. 10a gezeigt. Zwischen dem Primärteil 7a und dem Sekundärteil 7b wirkt der Torsionsdämpfer 5, und zwischen dem Sekundärteil 7b und der Scheibe 8 wirkt das Kupplungsübertragungsmoment 9.

[0065] Bei den in den Fig. 13a und 13b dargestellten Drehzahlen bzw. Momenten wirkt kein zusätzlicher Momentenimpuls. In Fig. 13b ist zusätzlich zum Motormoment  $M$ , Kupplungsmoment  $K$  und Moment im Getriebe  $Syn$  das Torsionsdämpfermoment im Zweimassenschwungrad  $T$  dargestellt. Das die Höhe des Momentensprungs bestimmende Trägheitsmoment ist die Summe von Primär- und Sekundärträgheitsmoment. Da dieser Wert im hier verwendeten Simulationsmodell höher ist als das Motorträgheitsmoment (einschließlich Schwungrad und Druckplatte) im Simulationsmodell ohne Zweimassenschwungrad, ergibt sich ein höherer Momentensprung und somit stärkere Schwingungen des Lastwechselmoments.

[0066] Die Fig. 14a und 14b zeigen demgegenüber eine starke Reduzierung der Lastwechselschwingungen durch den aufgebrachten Momentenimpuls  $I$  mittels des Elektromotors 6, der an das Sekundärteil 7b gekoppelt ist (Fig. 10a). Hier ist die Unterdrückung der Lastwechselschwingungen besonders effektiv, da der Momentensprung und der Momentenimpuls beide am Sekundärteil 7b angreifen.

[0067] In den Fig. 15a und 15b sind die Drehzahl- und Momentenverläufe für einen Motor mit Zweimassenschwungrad gezeigt, wobei der Elektromotor 6 jedoch an das Primärteil 7a gekoppelt ist. Ein Blockschaltbild für diese Ausführungsform der Erfindung beim Fahrzustand Anfahren oder Gangwechsel ist in Fig. 10b gezeigt.

[0068] Auch hier wird zur Reduktion der Lastwechselschwingungen ein zusätzlicher Momentenimpuls  $I$  durch den an das Primärteil 7a gekoppelten Elektromotor 6 aufgebracht. Die Unterdrückung der Lastwechselschwingungen ist hier jedoch etwas weniger effektiv, da der Momentensprung und der Momentenimpuls an verschiedenen Trägheitsmomenten angreifen.

[0069] Nachfolgend wird nun der Zustand Motorstart beschrieben. Dazu wird auf die Fig. 16a bis 21b Bezug genommen.

[0070] Bei einem Motor ohne Zweimassenschwungrad entstehen in diesem Zustand keine Lastwechselschwingungen.

[0071] Fig. 16a zeigt das Blockschaltbild des Antriebsstrangs im Zustand Motorstart bei einem Motor mit Zweimassenschwungrad, wobei der Elektromotor 6 an das Primärteil 7a gekoppelt ist. Das Sekundärteil 7b ist an das Getriebe 2 gekoppelt. Zwischen dem Primärteil 7a und dem Sekundärteil 7b befindet sich der Torsionsdämpfer 5. Die Fig. 17a und 17b zeigen den Motorstart für dieses System mit Zweimassenschwungrad. Die Eigenfrequenz des Systems liegt knapp über der Zündfrequenz bei der Anlasserdrehzahl. Schon nach der zweiten Zündung ist der Eigenfrequenzbereich deutlich verlassen. Mit der ersten Zündung erzeugt der Motor ein mittleres Motormoment  $M$  und ein höheres dynamisches Moment  $M_D$  mit Zündfrequenz. Die Eigenfrequenz wird mit dem schnellen Anstieg des mittleren Motormoments  $M$  und maximal zwei Zündimpulsen angeregt. Es liegt also keine typische Resonanz vor, die durch einen mit Zündfrequenz gesteuerten Momentenverlaufs besonders wirksam reduziert werden könnte.

[0072] Die Fig. 18a und 18b zeigen nun die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf diesen Fall. Zusammen mit dem ersten Anstieg des Motormoments  $M$  setzt ein Momentenimpuls  $I$  ein, der entgegengesetzt zum Anstieg des Motormoments  $M$  gerichtet ist. Die Impulsdauer des Impulses  $I$  entspricht der halben Periodendauer der Eigenfrequenz. Der Momentenimpuls  $I$  wird durch den Elektromotor 6 auf das Primärteil 7a gemäß Fig. 16a aufgebracht. Die Schwingungen in den Drehzahlverläufen bzw. Momenten sind deutlich reduziert.

[0073] Die Drehzahlen und Momente gemäß den Fig. 19a und 19b entsprechen weitgehend denjenigen von Fig. 18a und 18b, jedoch sind hier zwei Momentenimpulse  $I_1$  bzw.  $I_2$  nacheinander aufgebracht. Der zweite Momentenimpuls  $I_2$  folgt dem Beginn des ersten Momentenimpuls  $I_1$  nach einer Periodendauer der Lastwechselschwingung. Die Lastwechselschwingungen in den Drehzahlen und Momenten werden dadurch noch besser reduziert.

[0074] Die in den Fig. 20a und 20b gezeigten Drehzahl- bzw. Momentenverläufe zeigen die Auswirkung von drei Momentenimpulsen  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  auf die Lastwechselschwingungen. Mit dem Anstieg des mittleren Motormoments  $M$  setzt der erste Momentenimpuls  $I_1$  ein, der einen negativen Wert hat und eine halbe Periodendauer andauert. Unmittelbar nach Beendigung des ersten Momentenimpulses  $I_1$  wird ein zweiter Momentenimpuls  $I_2$  aufgebracht, der einen positiven Wert hat. Direkt im Anschluß an den zweiten Momentenimpuls  $I_2$  setzt der dritte Momentenimpuls  $I_3$  ein der wiederum einen negativen Wert hat. Alle drei Momentenimpulse  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  haben eine Dauer von einer halben Periode der Lastwechselschwingung. Die Lastwechselschwingungen werden deutlich reduziert, was z. B. an der Drehzahl  $S$  des Sekundärteils sowie an dem am Torsionsdämpfer anliegenden Moment  $T$  besonders veranschaulicht wird.

[0075] Die Fig. 21a und 21b zeigen die Reduktion der Lastwechselschwingungen durch einen an das Sekundärteil 7b gekoppelten Elektromotor beim Zustand Motorstart. Das

entsprechende Blockschaltbild ist in Fig. 16b dargestellt. Mit dem Anstieg des mittleren Motormoments  $M$  setzt der erste Momentenimpuls  $I_1$  ein. Die Impulshöhe ist ca. die Hälfte der Impulshöhe des mittleren Motormoments  $M$ . Die Impulsdauer beträgt eine halbe Periode. Eine ganze Periode nach Einsetzen des ersten Momentenimpulses  $I_1$  setzt ein zweiter Momentenimpuls  $I_2$  ein, dessen Impulshöhe genauso groß ist wie die Impulshöhe des ersten Momentenimpulses und der ebenfalls eine halbe Periode der Torsionsschwingung andauert. Aus den Drehzahlen des Primärteils  $P$ , des Sekundärteils  $S$  und aus der mittleren Drehzahl  $n$  wird die Reduzierung der Lastwechselschwingungen deutlich. Insbesondere ist auch die Amplitude der am Torsionsdämpfer anliegenden Schwingung bzw. Moments  $T$  reduziert.

[0076] Insgesamt wird bei der vorliegenden Erfindung durch Aufbringen eines äußeren Momentenimpulses, der eine gegenphasige Schwingung verursacht eine deutliche Reduktion der Lastwechselschwingung hervorgerufen. Das Gesamtsystem führt dadurch nach dem Lastwechsel keine oder nur noch geringe Schwingungen aus, wie die in den Figuren dargestellten Simulationsmodelle zeigen. Die Erfindung wurde oben anhand der typischen Fahrzustände Lastwechsel bei geschlossener Kupplung, Momentensprung nach Eintreten der Synchronisation beim Anfahren oder Schalten, sowie erste Zündung beim Motorstart bei einem System mit Zweimassenschwungrad, beschrieben. Neben diesen typischen Beispielen sind jedoch auch andere Zustände möglich, bei denen das erfindungsgemäße Verfahren angewendet werden kann. Die Aufbringung des Momentenimpulses läßt sich insbesondere ohne größeren Aufwand bei Systemen verwirklichen, die über einen schnell ansteuerbaren Elektromotor z. B. als Anlasser, als Starter-Generator oder dergleichen, verfügen.

## Bezugszeichenliste

1 Motor	
2 Getriebe	
3 Räder	
4 Fahrzeug	
5 Torsionsdämpfer	40
6 Elektromotor	
7a Primärteil	
7b Sekundärteil	
8 Kupplungsscheibe	
9 Kupplungsübertragungsmoment	45
D dynamisches Motormoment	
G Moment an der Getriebeeingangswelle	
I Momentenimpuls	
K Kupplungsmoment	50
M Motormoment	
$M_D$ dynamisches Motormoment	
n fiktive mittlere Motordrehzahl	
N Motordrehzahl	
$N_{GA}$ Drehzahl am Getriebeausgang	55
$N_{GE}$ Drehzahl am Getriebeeingang	
P Primärdrehzahl	
S Sekundärdrehzahl	
Syn Moment im Getriebe	
T Moment am Torsionsdämpfer	60

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduzierung von Lastwechselschwingungen im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, mit den Schritten:  
Erfassen einer Änderung eines Nutzmoments im Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs; und

Bestimmen der Periodendauer einer Lastwechselschwingung, die durch Änderung des Nutzmoments verursacht wird;

**dadurch gekennzeichnet,**

daß bei Beginn der Nutzmomentänderung mindestens ein zusätzlicher Momentenimpuls aufgebracht wird, der eine zur Lastwechselschwingung gegenphasige Schwingung verursacht, wobei die Dauer des Momentenimpulses im wesentlichen die halbe Periodendauer der Lastwechselschwingung beträgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe des Momentenimpulses im Bereich der halben Höhe des Nutzmoments liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzliche Momentenimpuls durch eine Logikeinrichtung bei beginnendem Lastwechsel ausgelöst wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzliche Momentenimpuls durch einen Motor, insbesondere einen schnell ansteuerbaren Elektromotor, aufgebracht wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzliche Momentenimpuls durch einen Anlasser des Kraftfahrzeugs aufgebracht wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich der zusätzliche Momentenimpuls am Motorgehäuse und/oder an einer sich drehenden Masse über eine Bremseinrichtung abstützt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Steuerung des Momentenimpulses Momenteninformationen aus einer Motorelektronik verwendet werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung des Momentenimpulses aus einer Drehzahländerung abgeleitet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Momentenimpuls am Motor des Kraftfahrzeugs aufgebracht wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Momentenimpuls auf ein Primärteil und/oder auf ein Sekundärteil eines Motors mit einem Zwei-Massen-Schwungrad aufgebracht wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach einem ersten Momentenimpuls mit einem negativen Wert ein weiterer Momentenimpuls mit einem positiven Wert aufgebracht wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Anfahren oder Gangwechsel der Momentenimpuls zum Synchronisationszeitpunkt einsetzt.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzliche Momentenimpuls beim ersten Anstieg des Nutzmoments oder Motormoments gegenläufig zu diesem einsetzt, insbesondere beim Start eines Motors mit Zweimassen-Schwungrad.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach einem ersten zusätzlichen Momentenimpuls ein zweiter zusätzlicher Momentenimpuls aufgebracht wird, wobei der zweite Momentenimpuls eine Periodendauer später einsetzt als der erste Momentenimpuls.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß drei Momentenimpulse nacheinander aufgebracht werden, wobei der mittlere Momentenimpuls zu den anderen beiden Momentenimpulsen entgegengesetzt gerichtet ist.

16. Vorrichtung zur Reduzierung von Lastwechselschwingungen im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, mit

Mitteln zum Erfassen einer Nutzmomentänderung im Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs, und Mitteln zur Bestimmung der Periodendauer einer Lastwechselschwingung, die durch Änderung des Nutzmoments verursacht wird, gekennzeichnet durch

eine Einrichtung (6) zur Erzeugung eines Momentenimpulses, die an den Antriebsstrang gekoppelt ist, und eine Logikeinrichtung zur Auslösung des Momentenimpulses bei beginnendem Lastwechsel, die den Momentenimpuls so steuert, daß er die halbe Periodendauer der Lastwechselschwingung andauert und eine zur Lastwechselschwingung gegenphasige Schwingung verursacht.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (6) zur Momentenimpulserzeugung ein Elektromotor ist, der an eine Brennkraftmaschine gekoppelt ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (6) zur Momentenimpulserzeugung an ein Primärteil (7a) und/oder ein Sekundärteil (7b) eines Motors mit einem Zwei-Massen-Schwungrad gekoppelt ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Logikeinrichtung zur Steuerung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 15 ausgestaltet ist.

20. Steuerungsprogramm zur Reduzierung von Lastwechselschwingungen im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, das auf einem Datenträger abgelegt oder in einem Netzwerk verfügbar und in eine Steuereinrichtung ladbar ist, mit den Programmschritten:

Erfassen eines Nutzmomentsignals im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs,

Bestimmen der Periodendauer einer Lastwechselschwingung, die durch Änderung des Nutzmoments verursacht wird,

gekennzeichnet durch den Programmschritt:

Erzeugen eines Steuersignals zur Erzeugung eines Momentenimpulses, dessen Dauer im wesentlichen die halbe Periodendauer der Lastwechselschwingung beträgt, und der eine zur Lastwechselschwingung entgegengesetzte Schwingung verursacht.

21. Steuerungsprogramm, insbesondere nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch Programmschritte zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 15.

22. Steuerungsvorrichtung zur Reduzierung von Lastwechselschwingungen im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, gekennzeichnet durch ein Steuerungsprogramm mit Programmcodemitteln zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 15.

Hierzu 19 Seite(n) Zeichnungen

Fig1

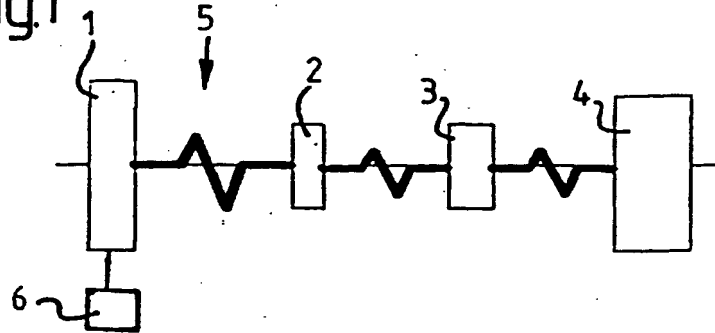


Fig.2a

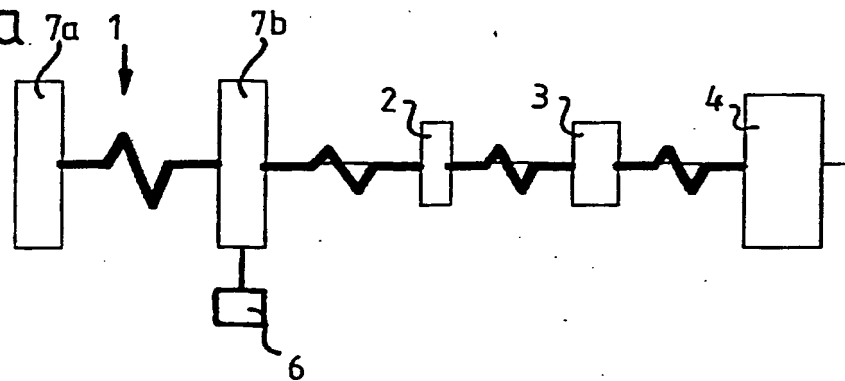


Fig.2b

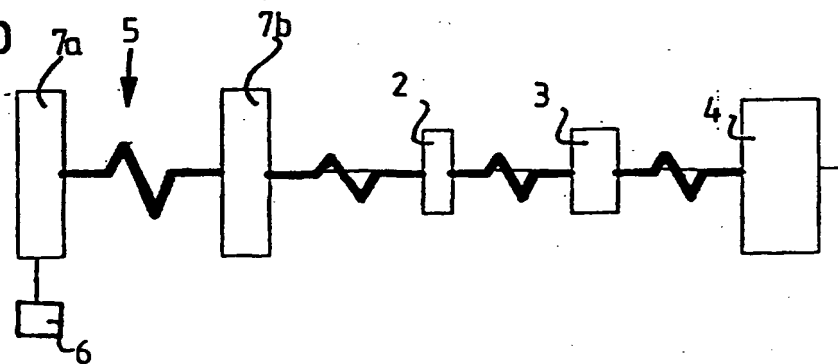




Fig. 3a

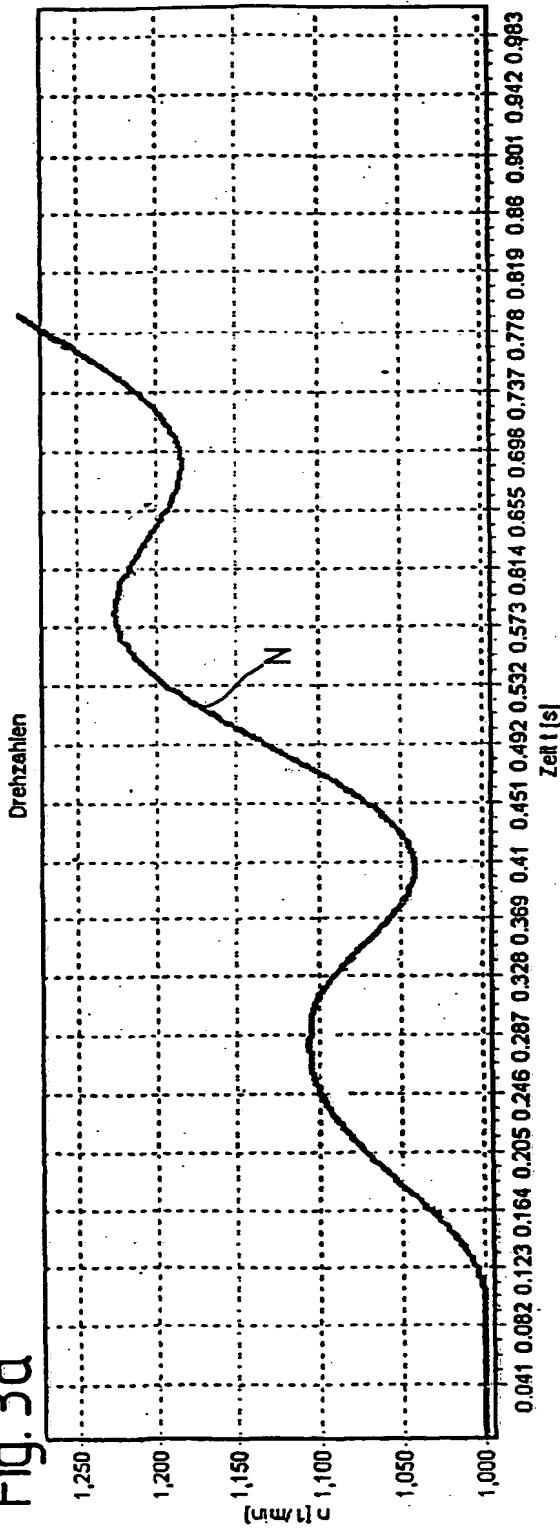


Fig. 3b

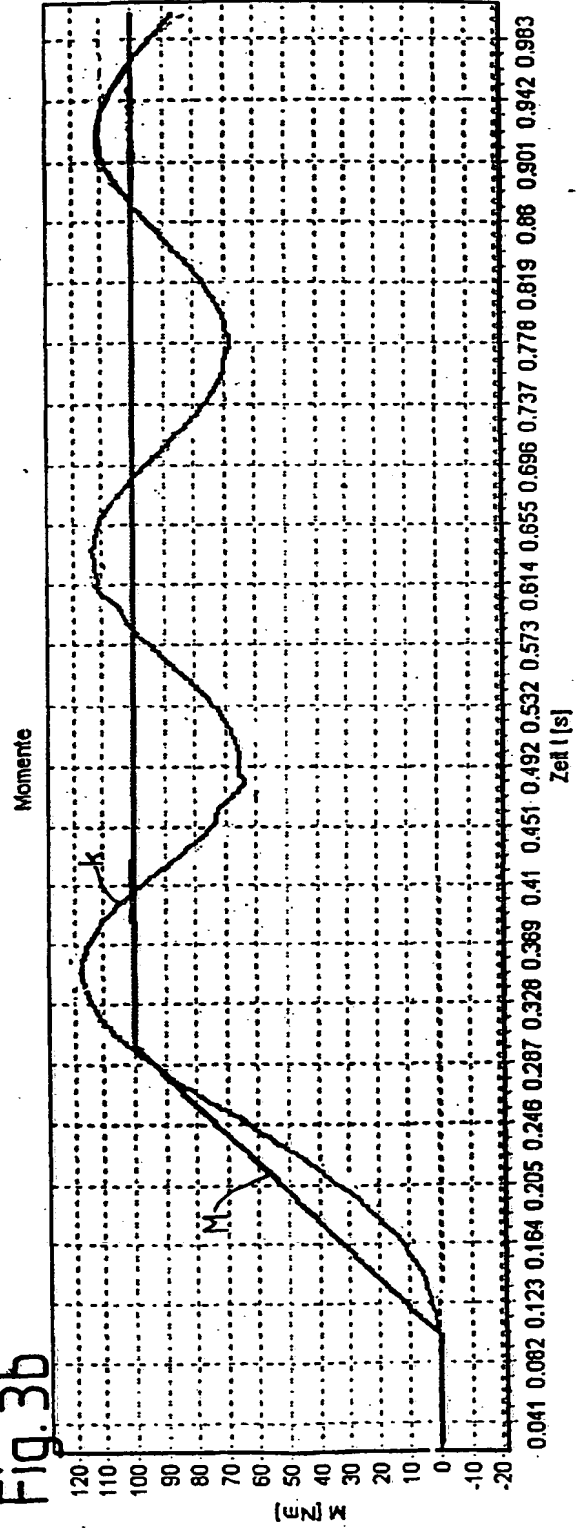


Fig. 4a

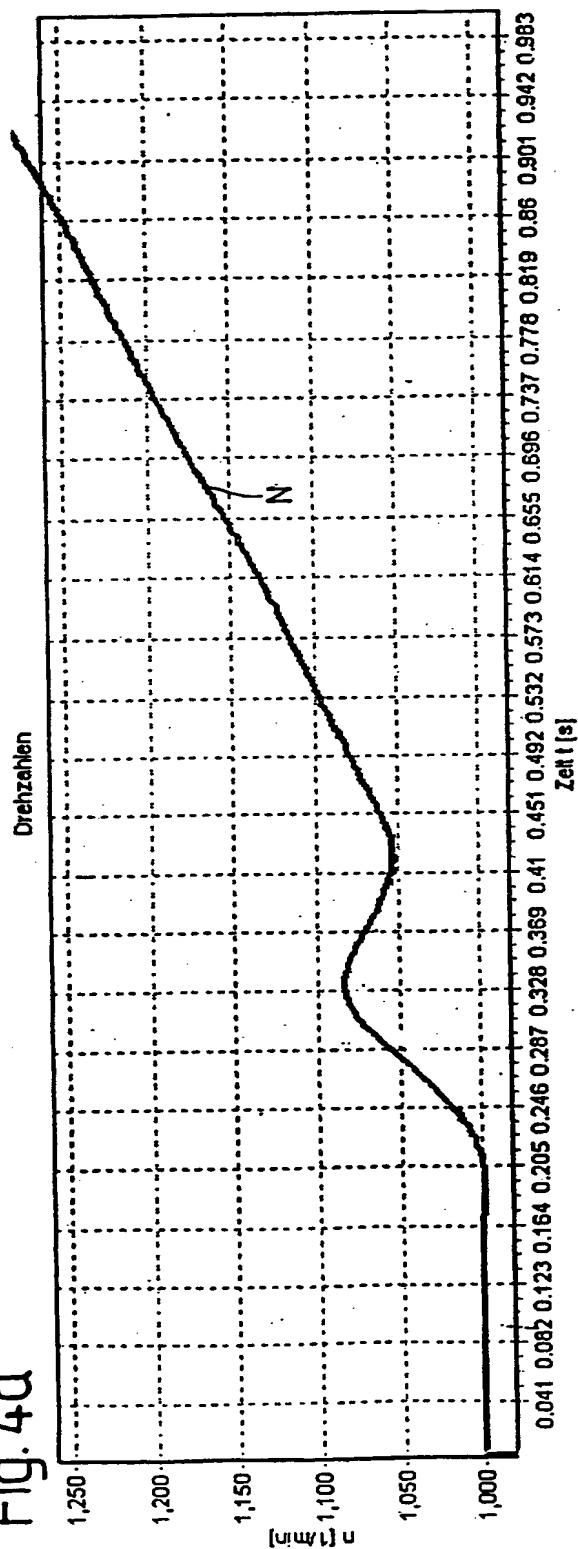


Fig. 4b

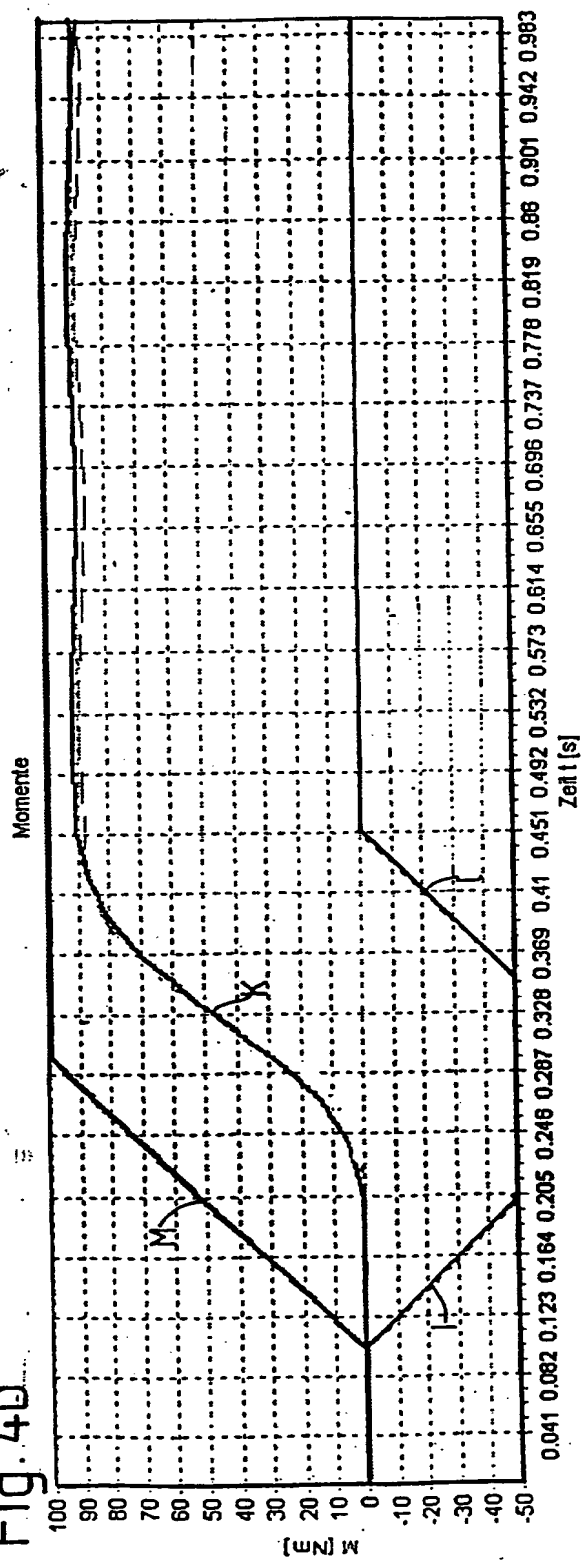


Fig. 5a

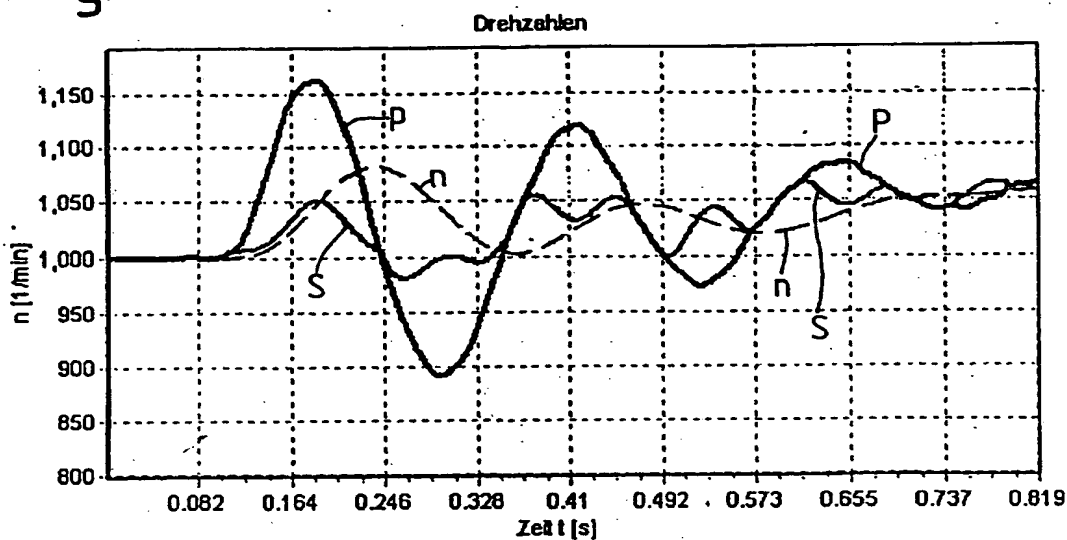


Fig. 5b

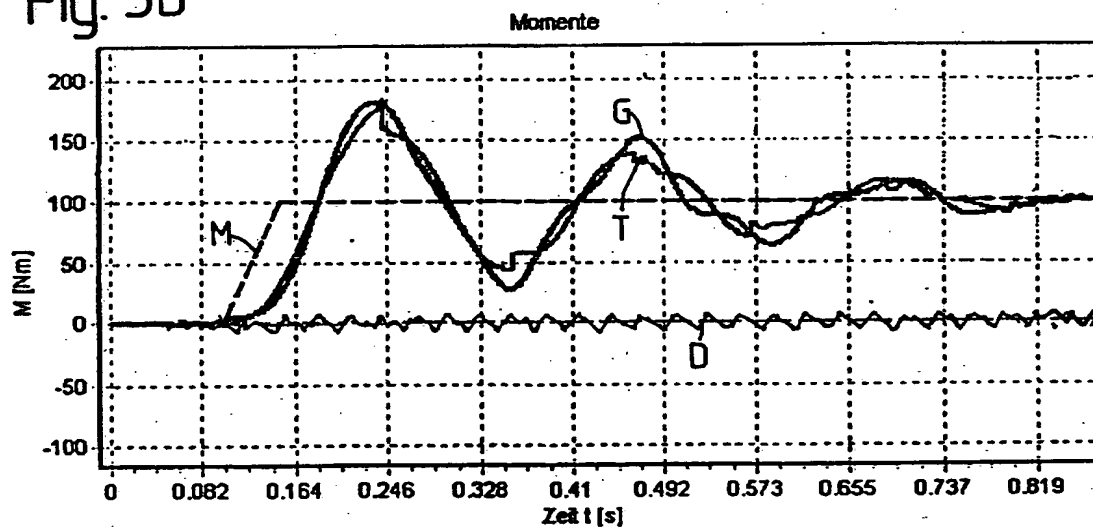


Fig. 6a

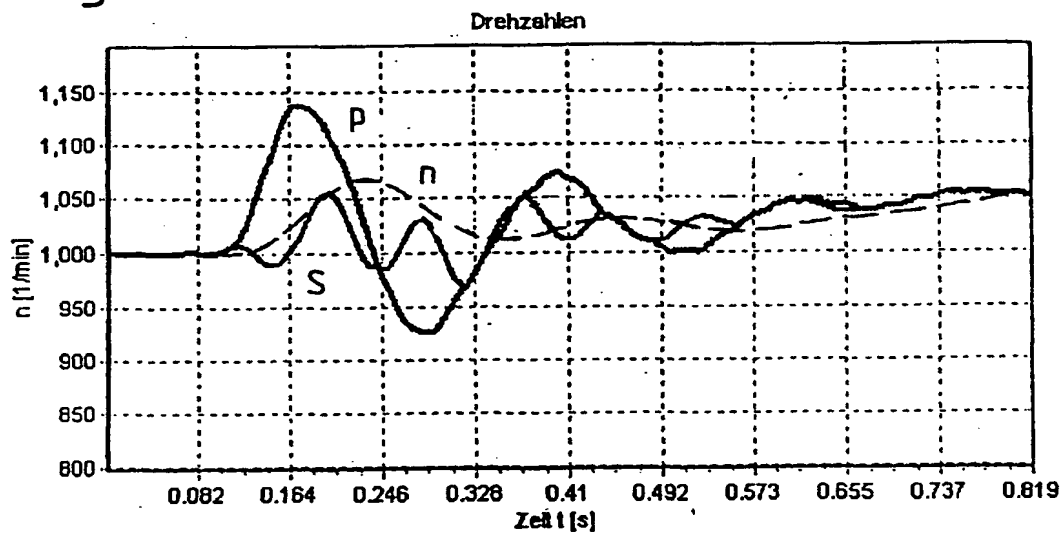


Fig. 6b

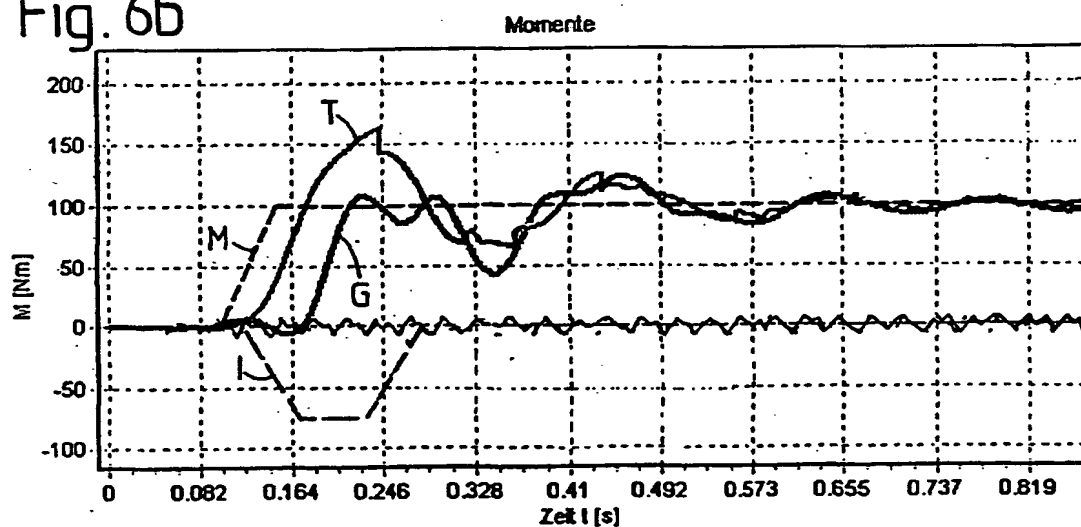


Fig. 7a

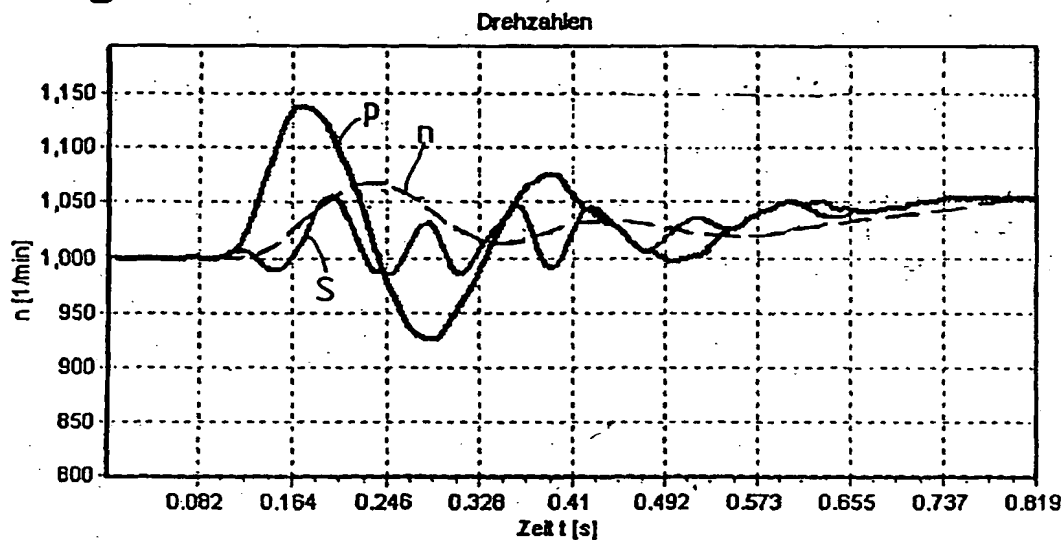


Fig. 7b

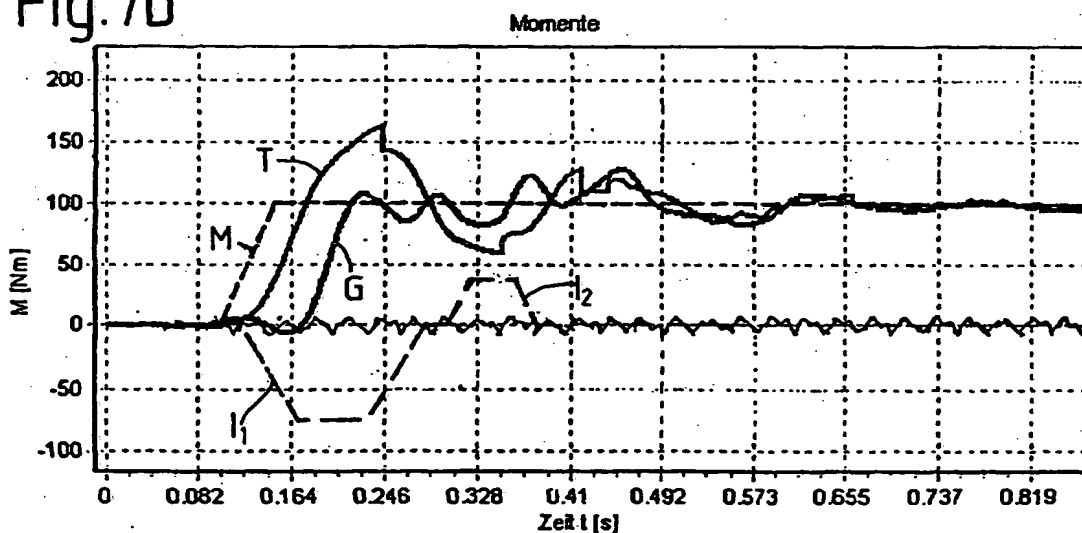


Fig. 8a

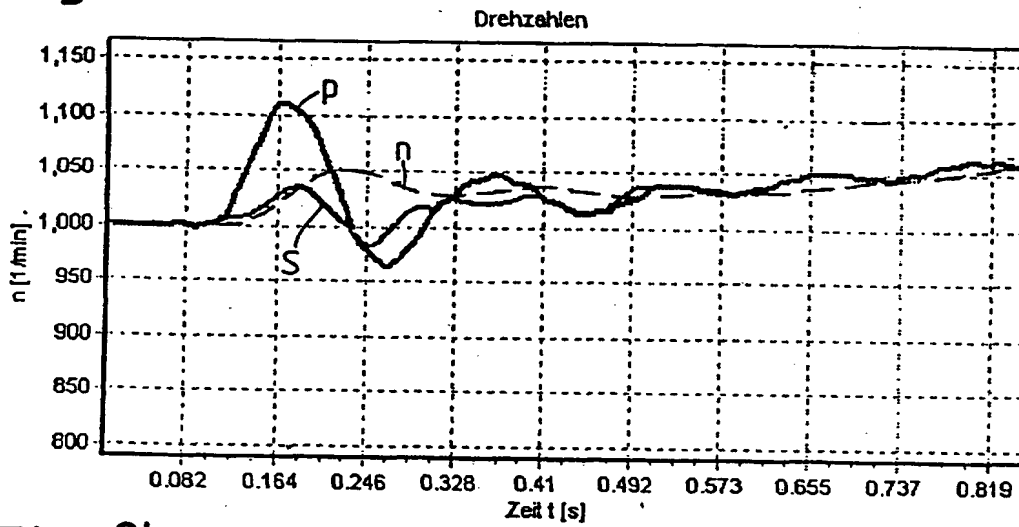


Fig. 8b

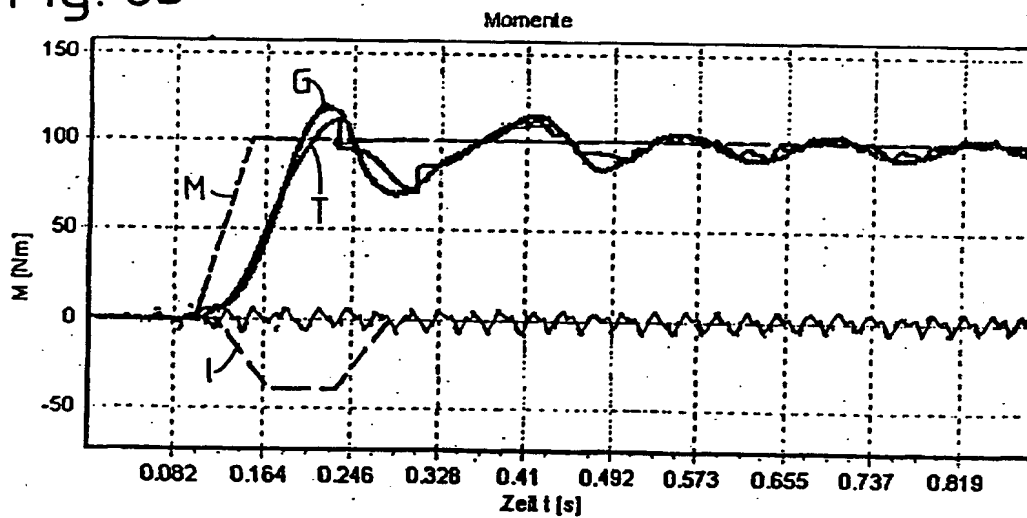


Fig.9

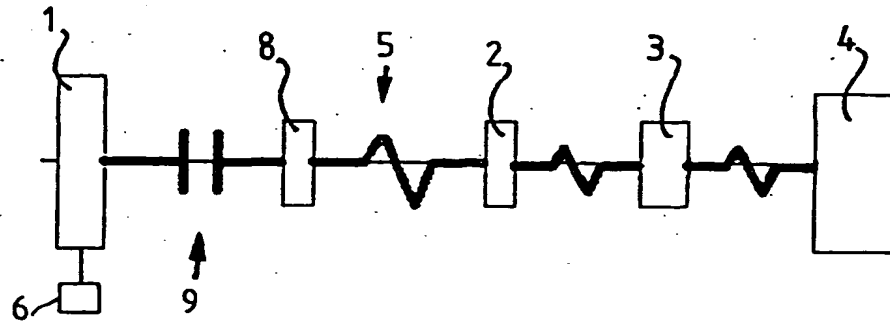


Fig.10a

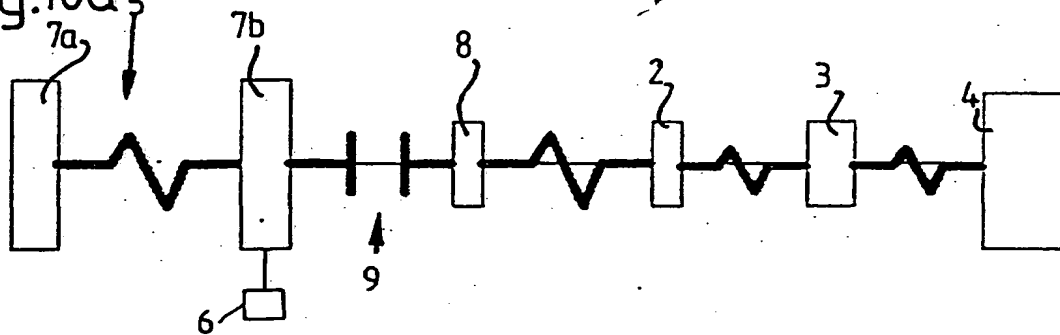


Fig.10b

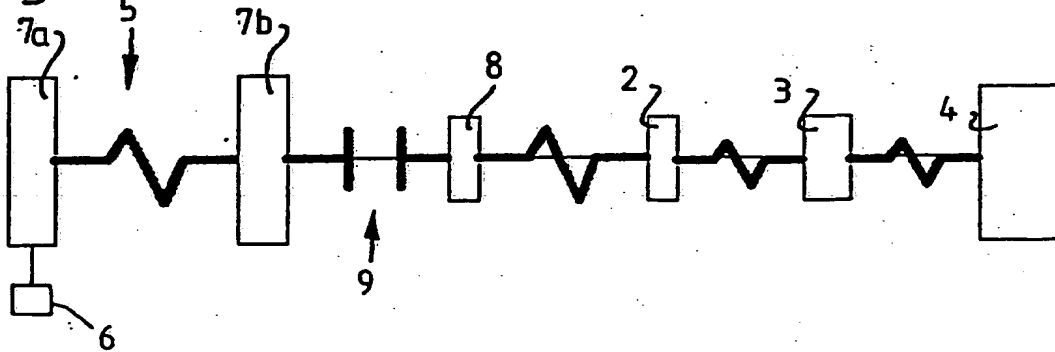


Fig. 11a

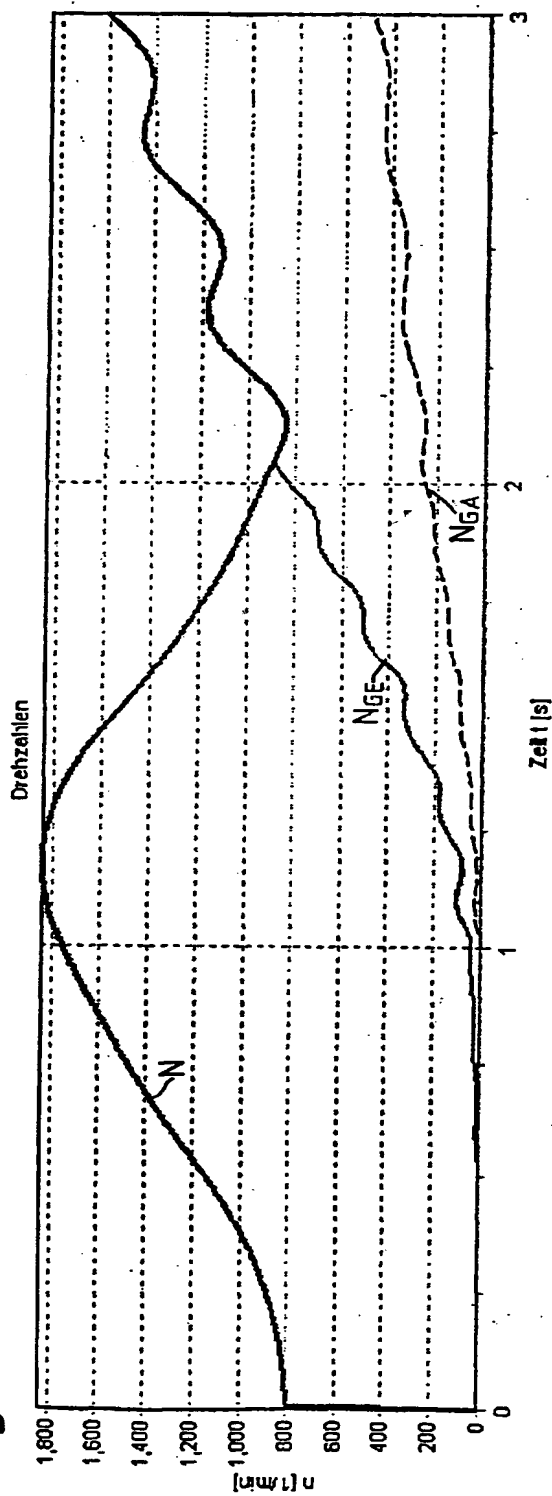


Fig. 11b

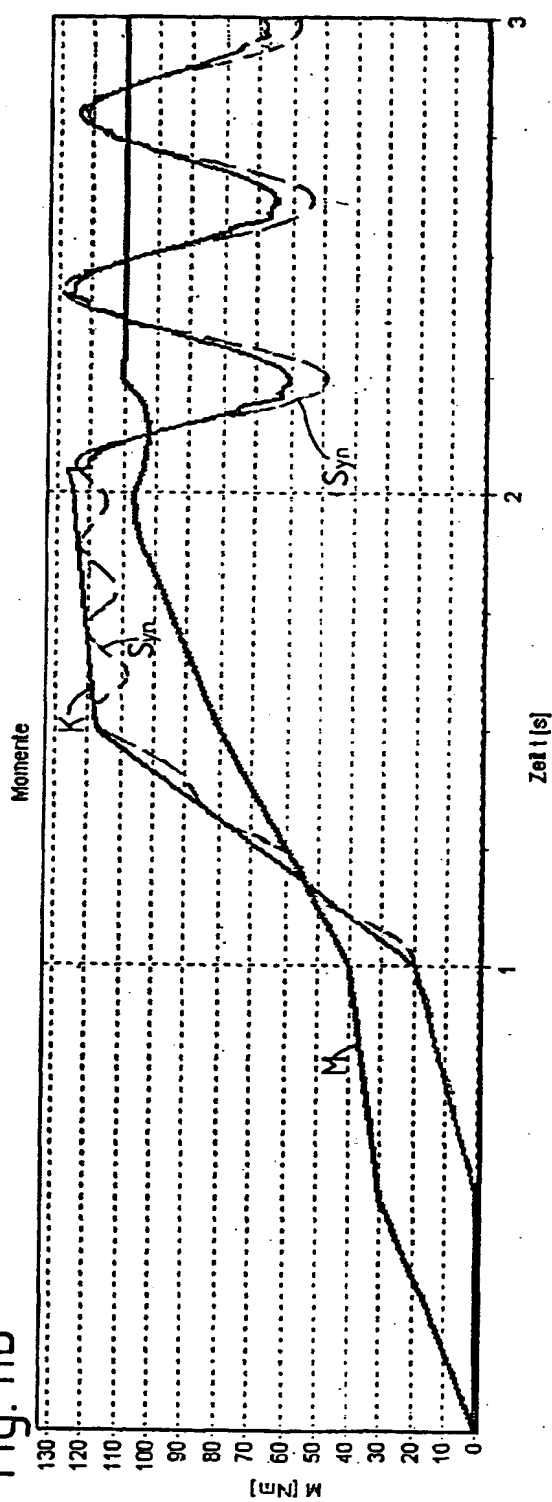




Fig. 12a

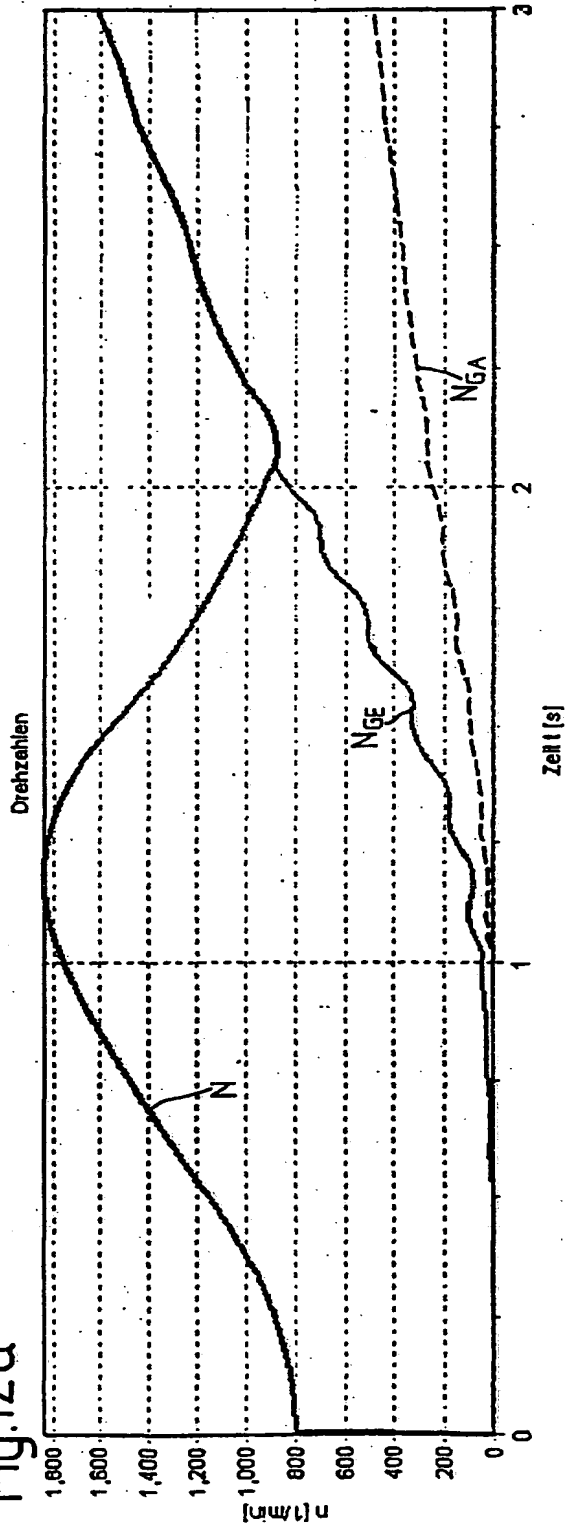


Fig. 12b

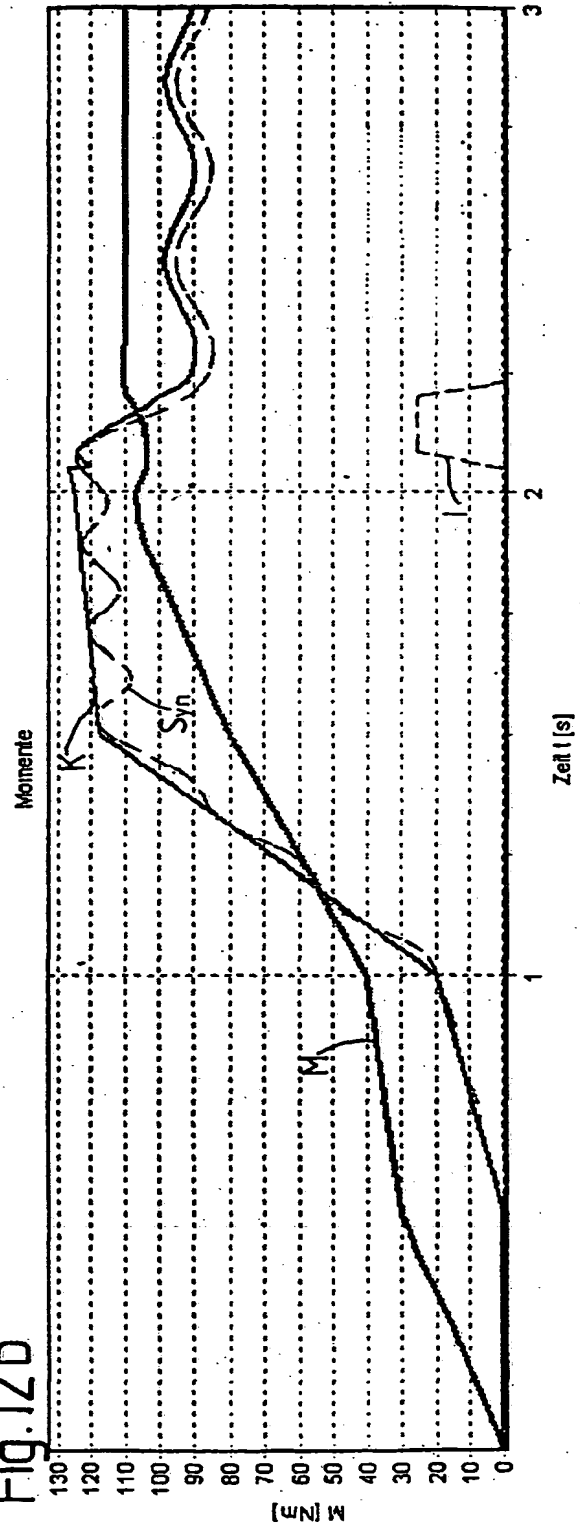


Fig. 13a

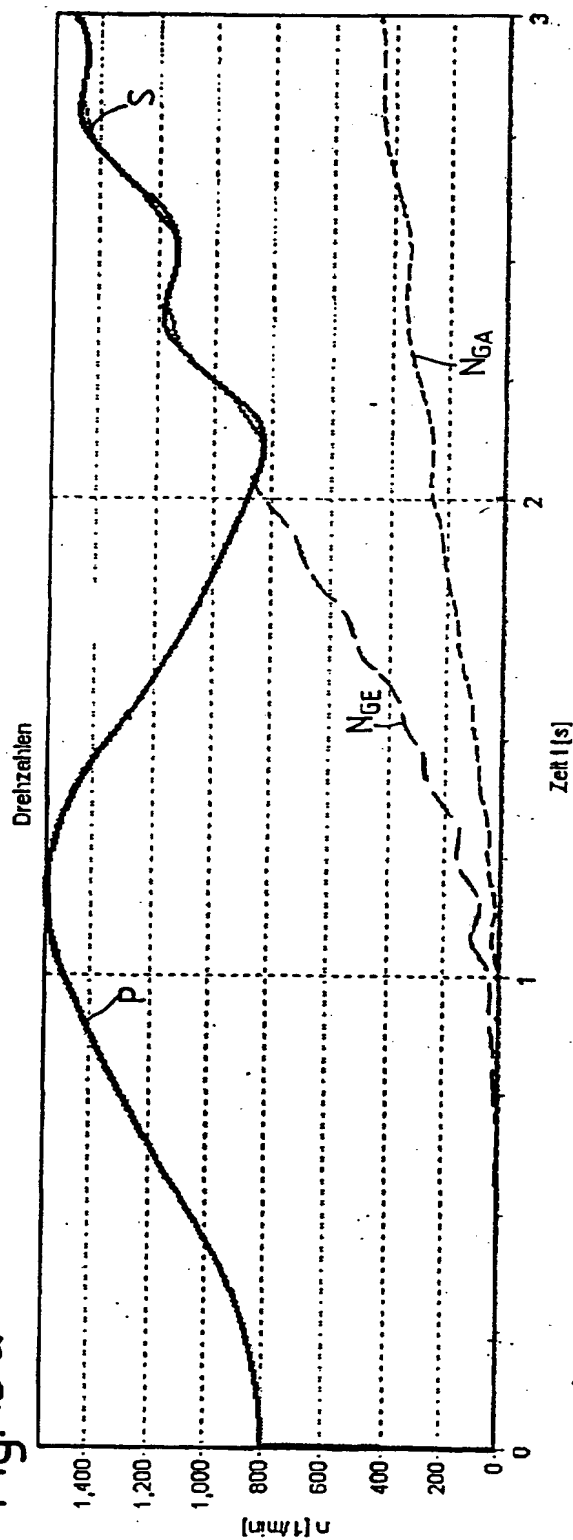


Fig. 13b

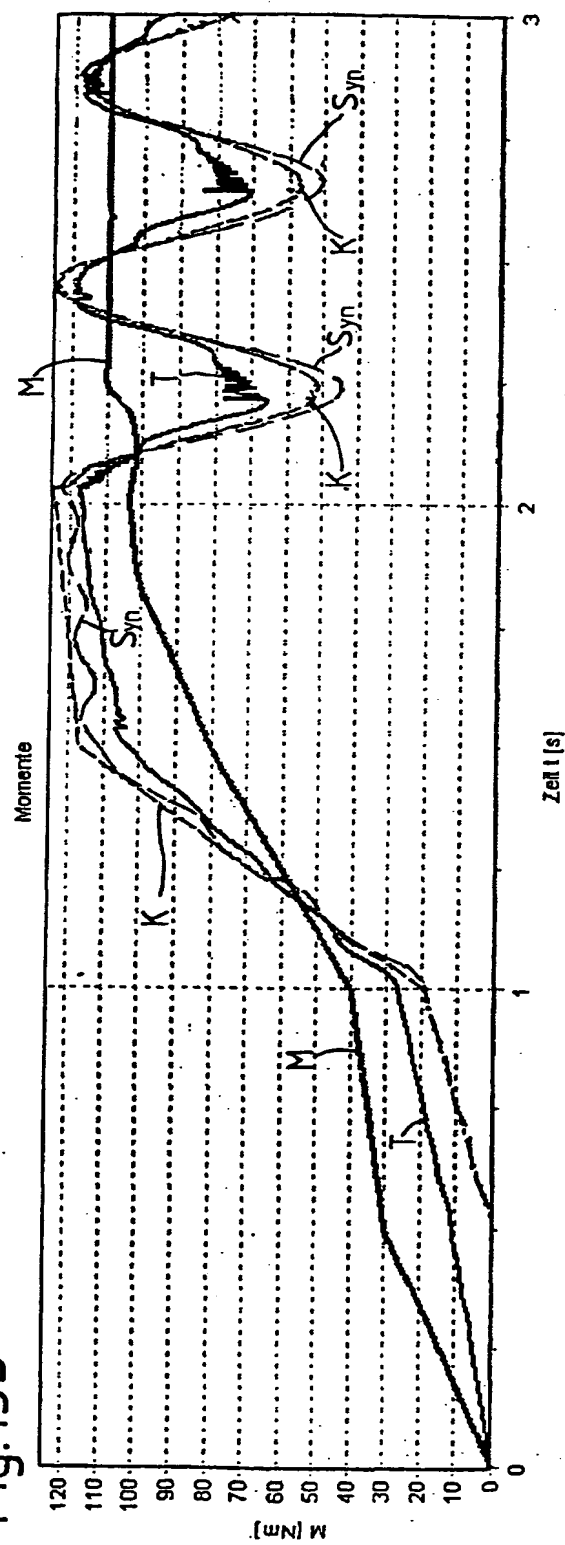


Fig. 14a

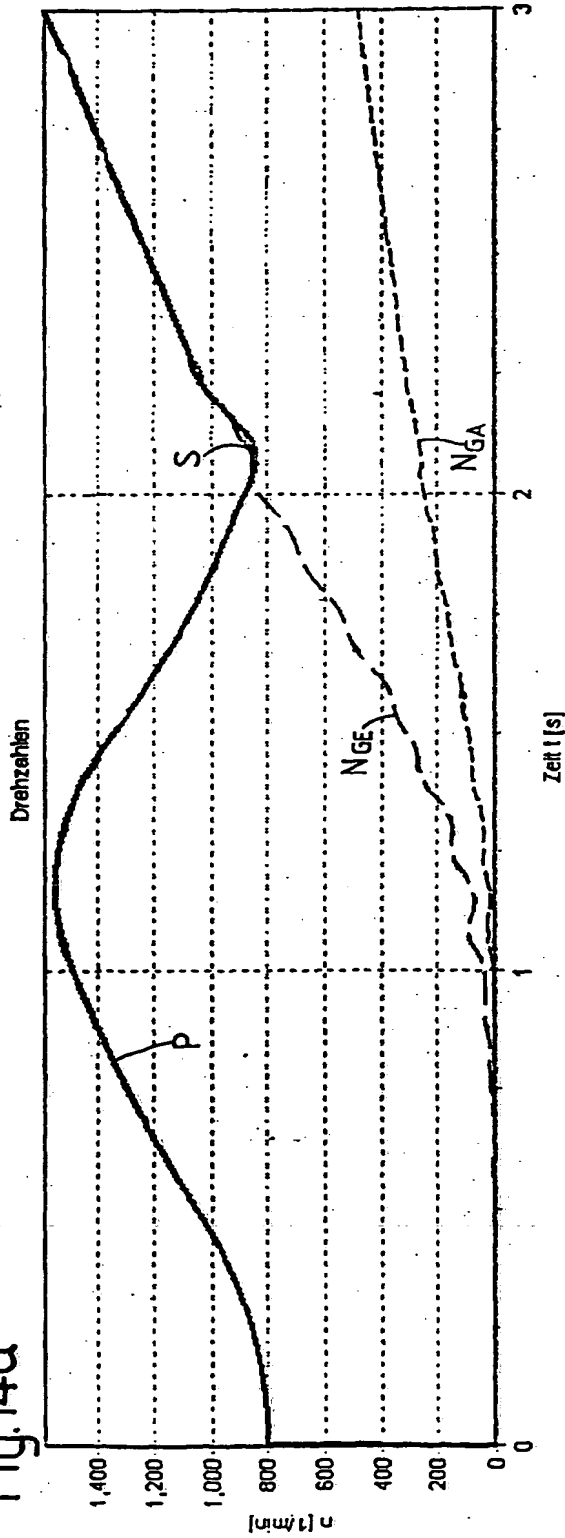


Fig. 14b

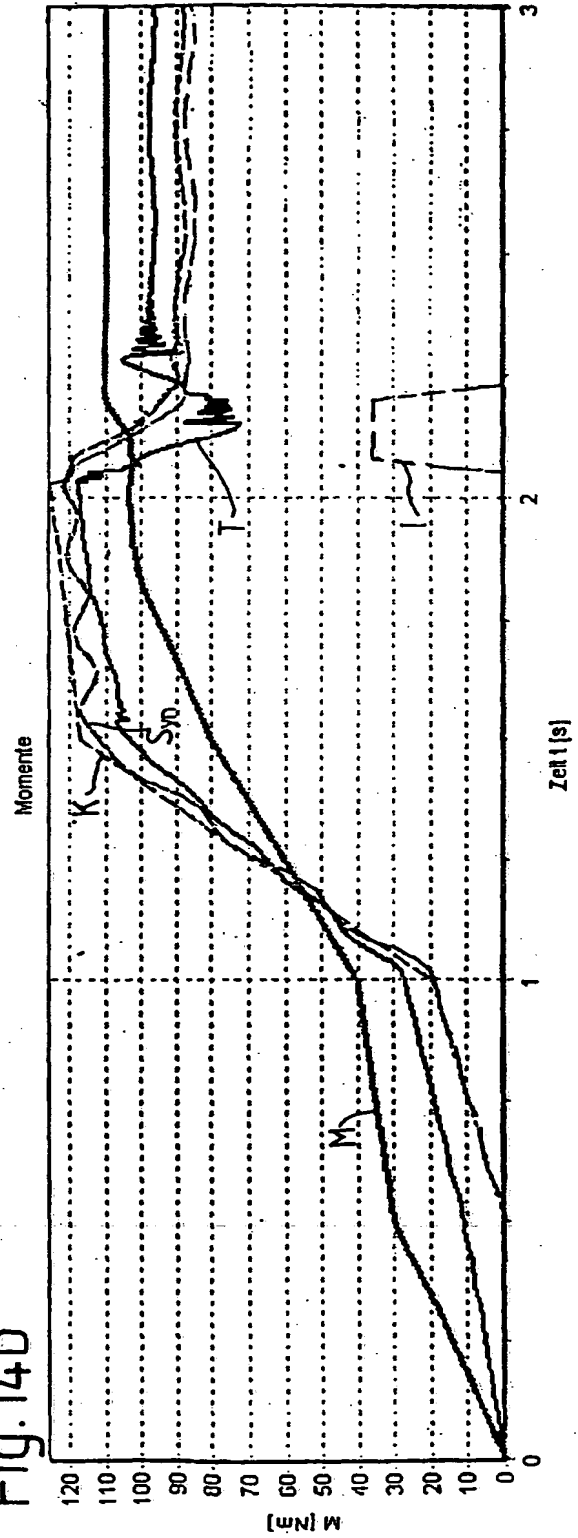


Fig. 15a

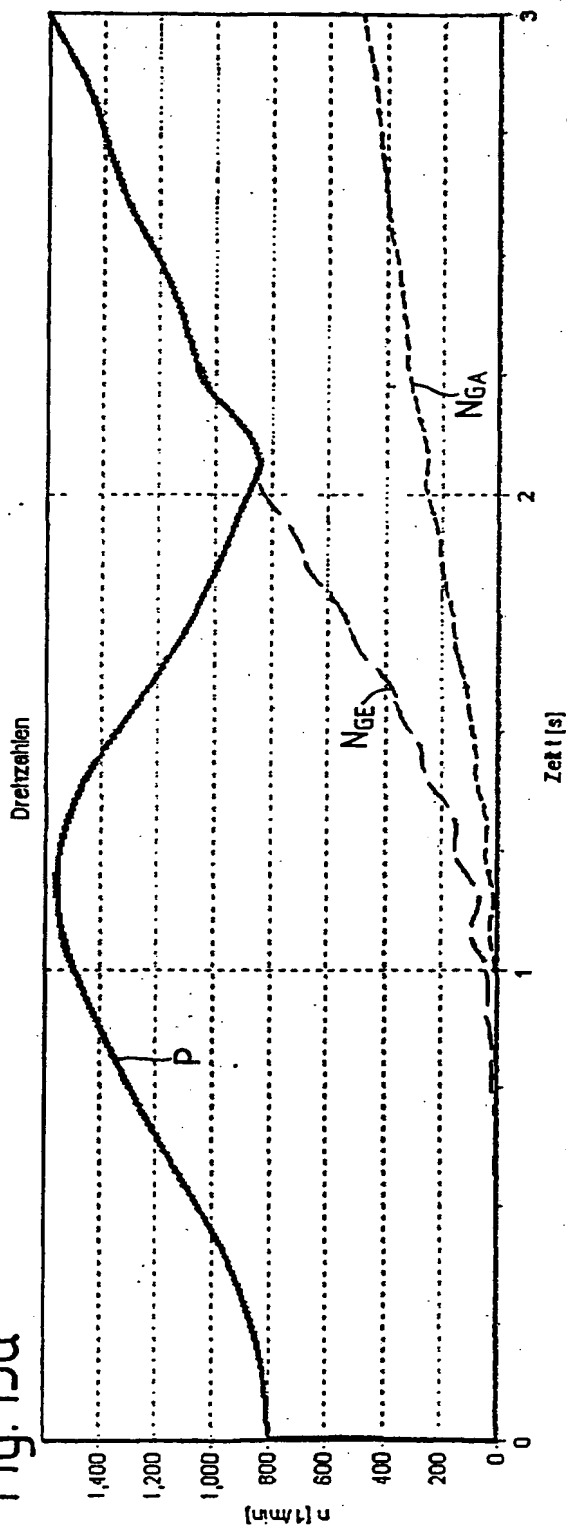


Fig. 15b

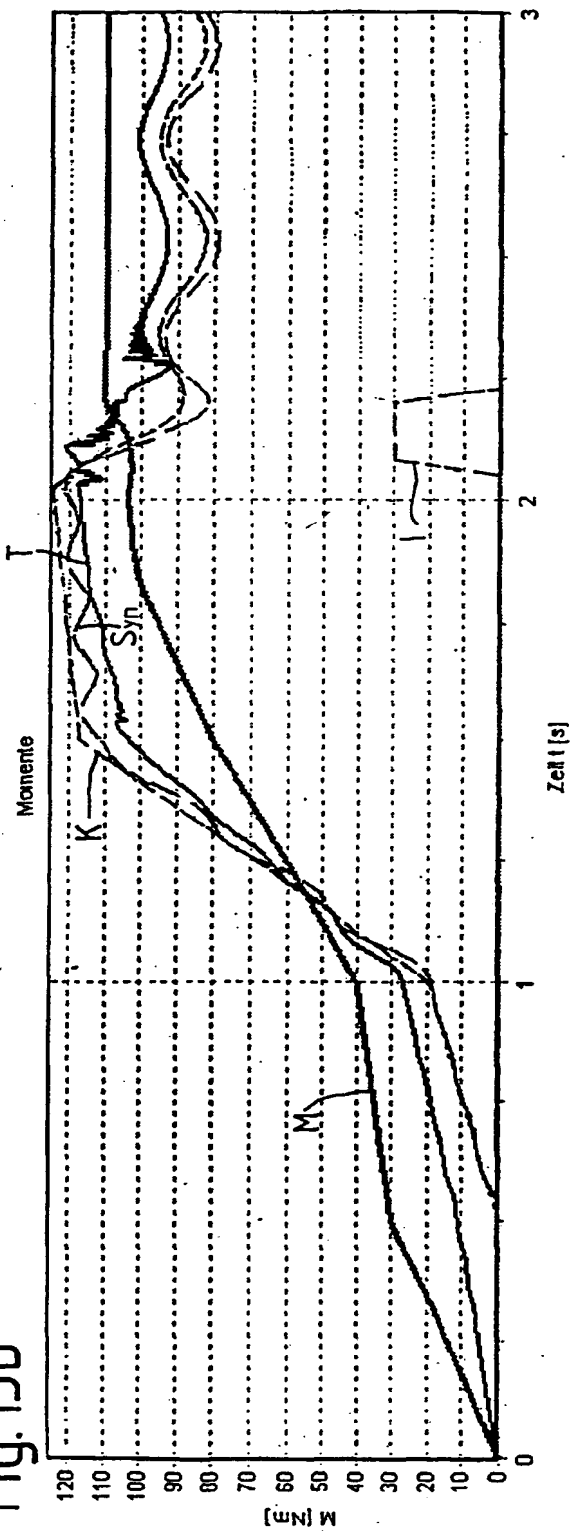


Fig.16a

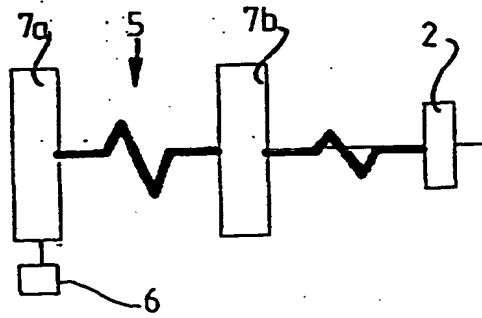


Fig.16b

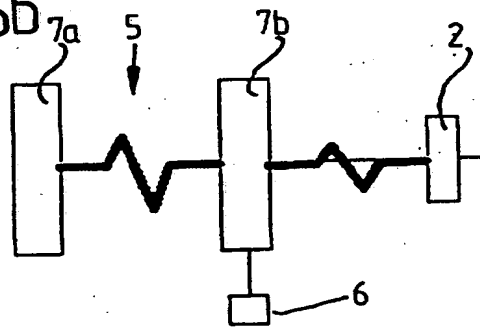


Fig. 17a

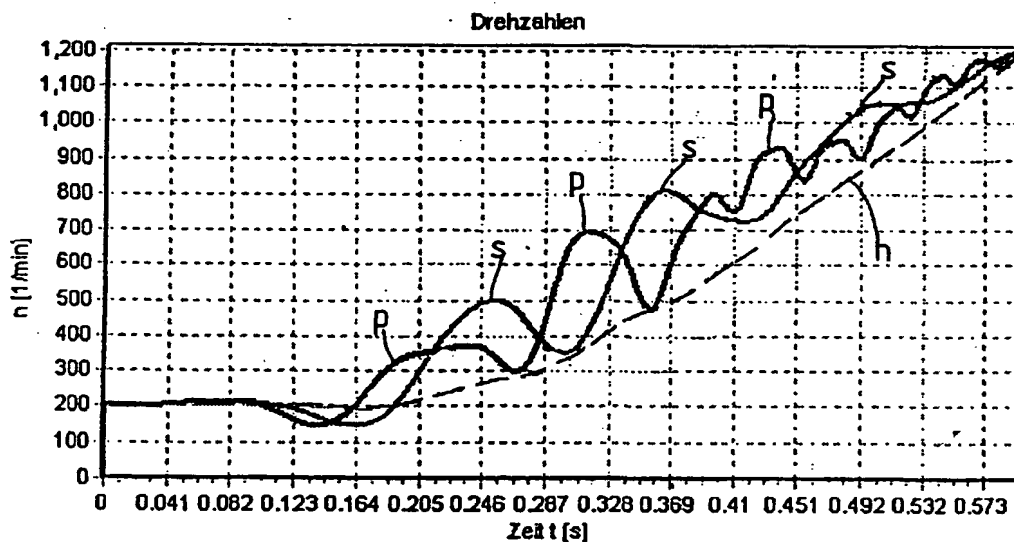


Fig. 17b

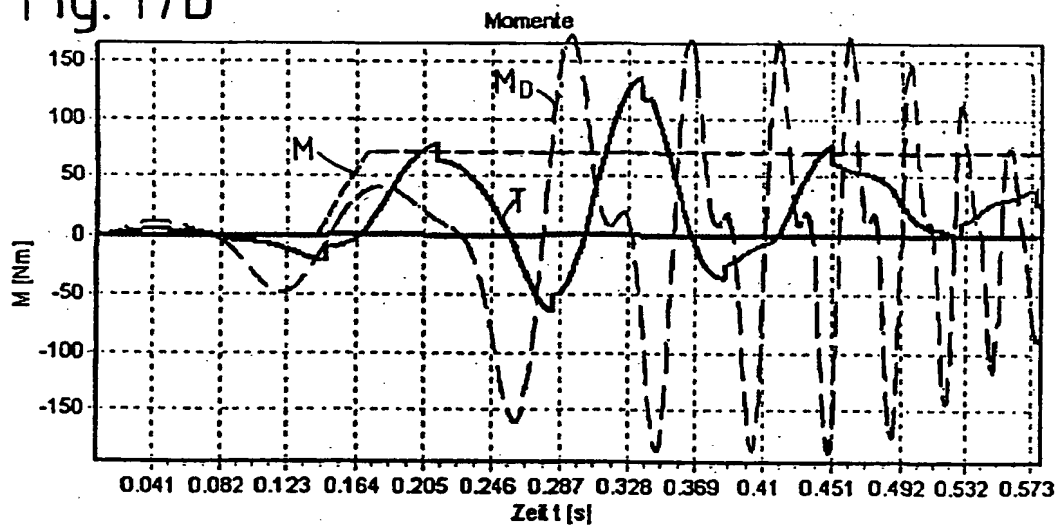


Fig. 18a

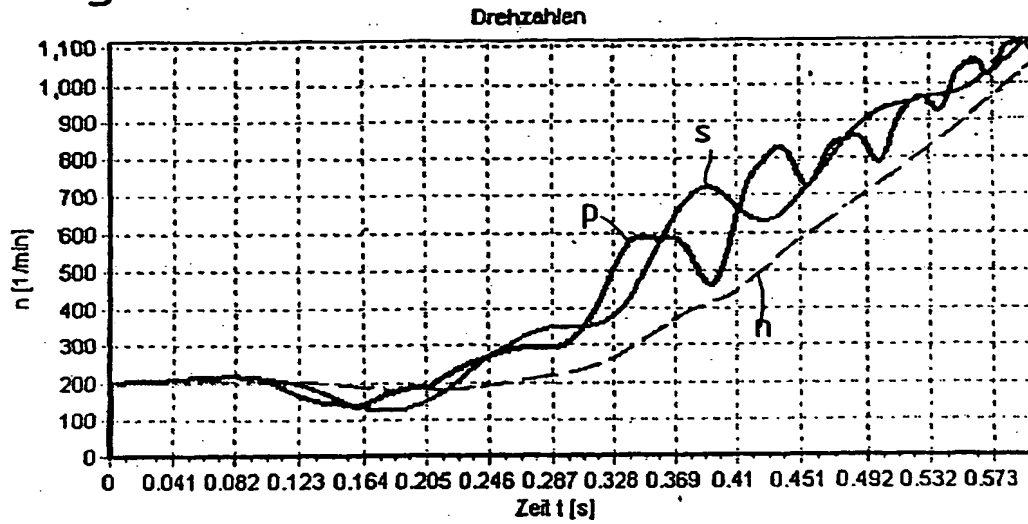


Fig. 18b

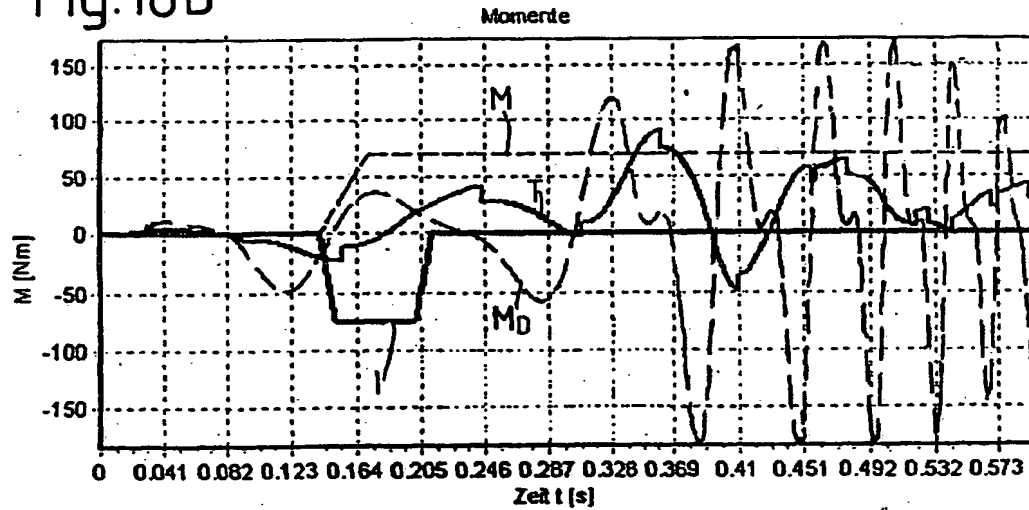


Fig. 19a

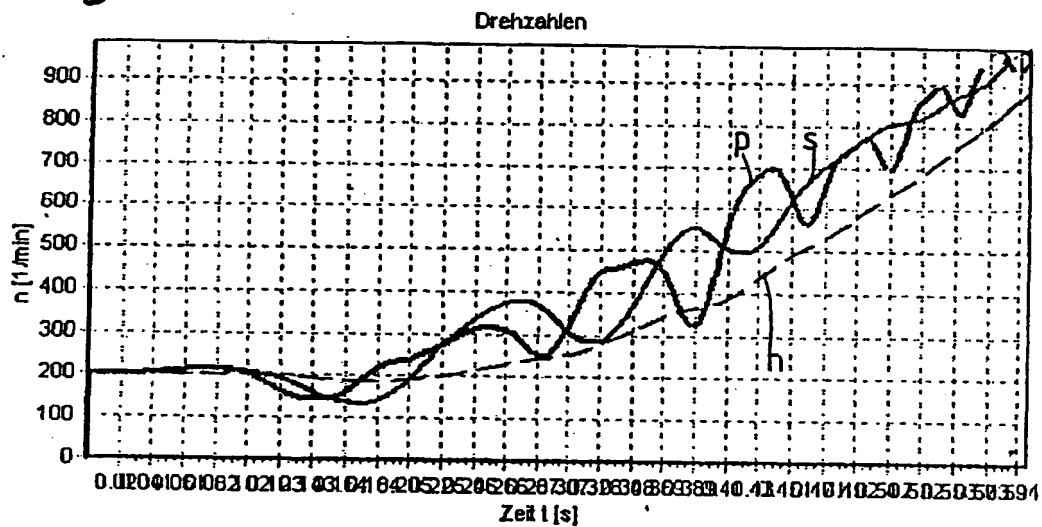


Fig. 19b

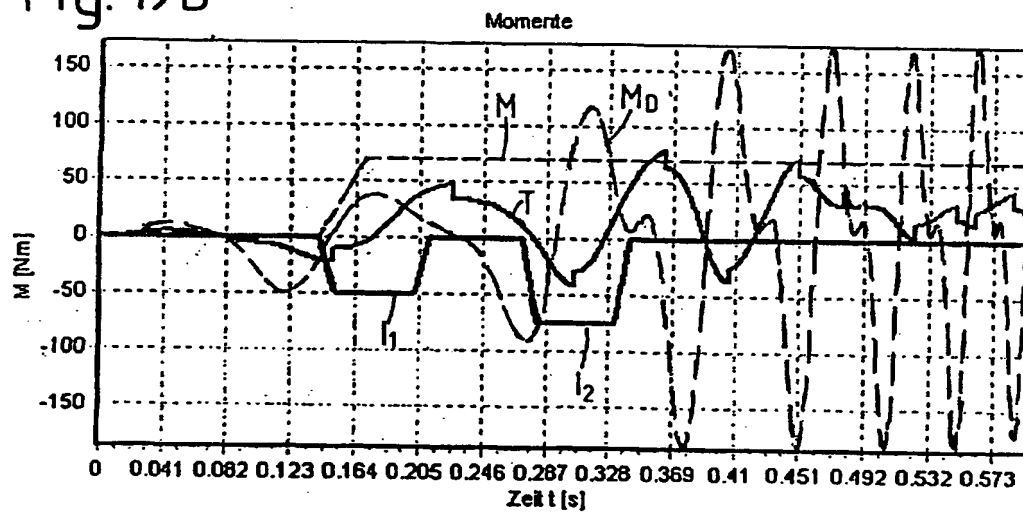




Fig. 20a

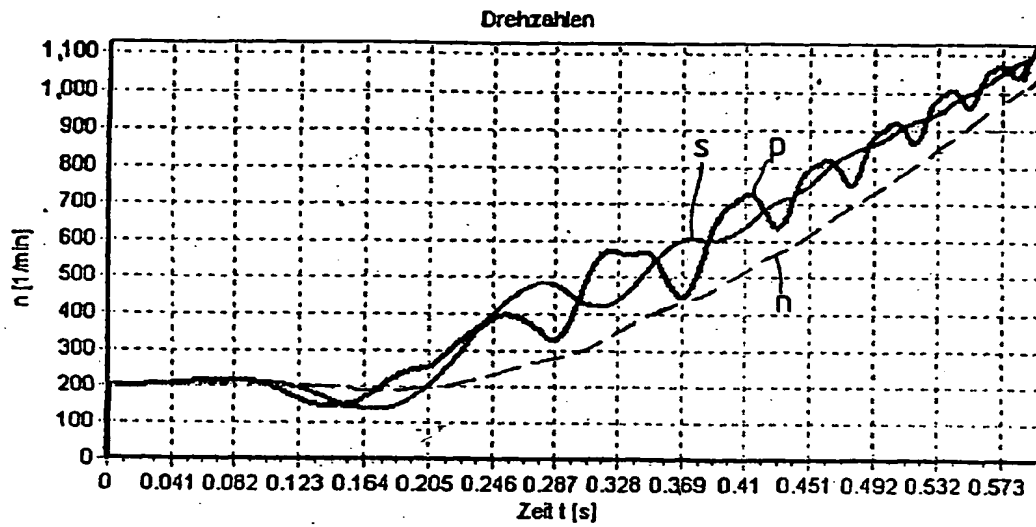


Fig. 20b

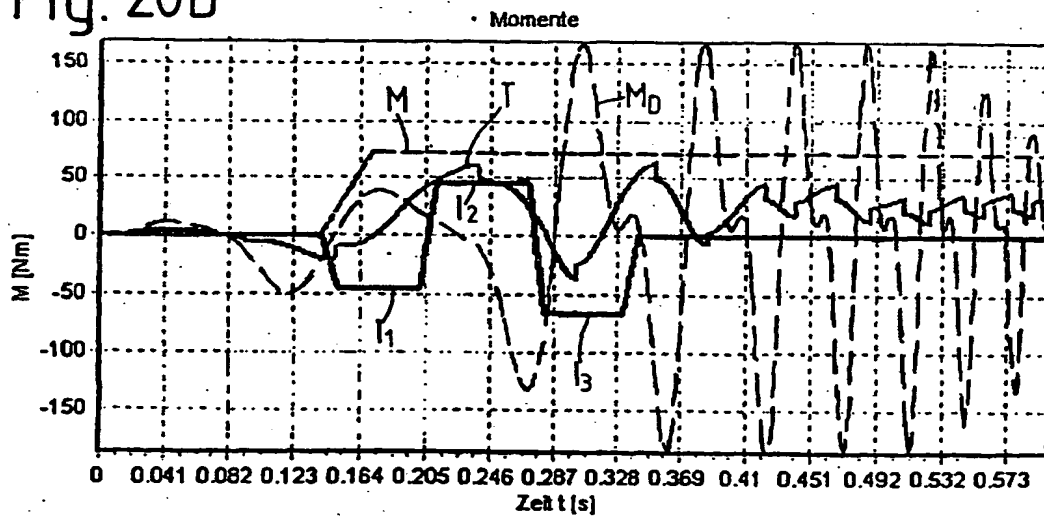


Fig. 21a

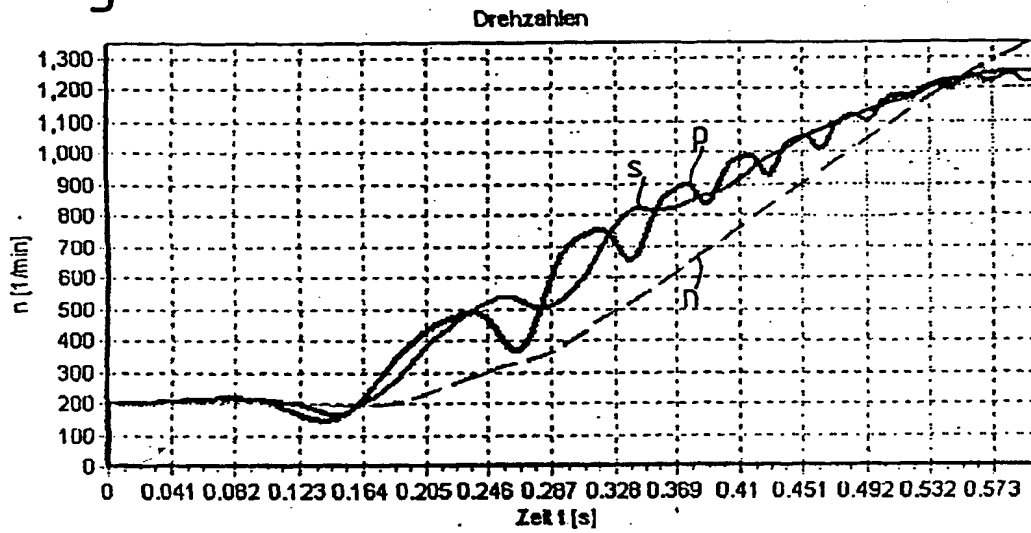
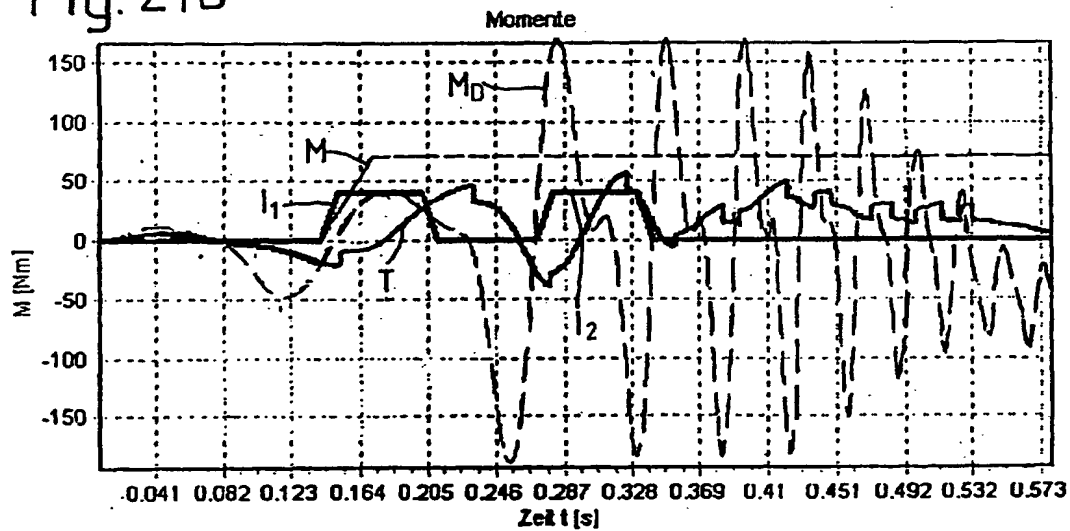


Fig. 21b



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**